СПРАВОЧНИК
ЭНЕРГЕТИКА НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ

МОСКВА
1960

СПРАВОЧНИК
ЭНЕРГЕТИКА НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Изд. 2-е, переработанное и дополненное

Под редакцией
инж. Н. Н. ЛЕБЕДЕВА

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ, АРХИТЕКТУРЕ
И СТРОИТЕЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ
Москва—1960

ПЕРЕЧЕНЬ ТОМОВ, ВХОДЯЩИХ В СЕРИЮ СПРАВОЧНИКОВ ПО ОБЩЕСТРОИТЕЛЬНЫМ РАБОТАМ

ВЫШЛИ В СВЕТ:

Справочник инженера-строителя, тт. I и II
Справочник механика на строительстве, изд. 2-е
Монтаж стальных конструкций, изд. 2-е
Справочник строительного мастера
Геодезические разбивочные работы в промышленном и гражданском строительстве (справочное пособие)
Справочник архитектора, т. III. Озеленение городов, полутом 2

ГОТОВЯТСЯ К ИЗДАНИЮ:

Справочник производителя работ
Справочник по нормам запасных частей и материалов для строительных и дорожных машин
Строительные и монтажные краны (справочное пособие), изд. 2-е
Справочник по технике безопасности и промышленной санитарии
Справочник по заводским и построечным лабораториям
Справочник по земляным работам
Справочник по каменным работам
Справочник по отделочным работам
Справочник по кровельным и гидроизоляционным работам
Справочник по погрузочно-разгрузочным и транспортным работам
Производство строительных работ в зимних условиях (справочное пособие)
Производство земляных работ в зимних условиях (справочное пособие)
Справочник по монтажу железобетонных конструкций промышленных зданий
Справочник по монтажу железобетонных конструкций в жилищном строительсте

ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ СЕРИИ

В. А. Трубин (главный редактор), *А. В. Сошин* (зам. главного редактора), *Г. П. Гриневич, С. П. Епифанов, И. А. Онуфриев, П. А. Зимин.*

В справочнике освещены вопросы устройства, эксплуатации и ремонта теплотехнических и электротехнических установок, применяемых на строительстве — на строительных площадках и в производственных предприятиях, обслуживающих стройки; приведены данные по топливу и смазочным материалам, электротехническим материалам и кабельной продукции, теплотехническому и электротехническому оборудованию, устройствам связи; приводятся также нормативные данные по определению потребности и энергоресурсах для строительных площадок и предприятий, обслуживающих стройки (потребной электрической мощности, расхода топлива, пара, электроэнергии).

Справочник предназначен для инженеров и техников (энергетиков и механиков), работающих по эксплуатации энергетических установок на строительстве, а также для широкого круга инженерно-технических работников совнархозов, ведающих капитальным строительством.

АВТОРЫ — СОСТАВИТЕЛИ

Инженеры *И. Н. Бодунген*, *К. В. Виноградов*, *А. Л. Веллерштейн*, *Б. Г. Гольдгоф*, *В. С. Кузьмин*, *П. С. Куликов*, *Н. Н. Лебедев*, канд. техн. наук *С. С. Леви*, инженеры *М. С. Розанов*, *В. Н. Сидоров*, *Д. В. Соколов*, лауреат Сталинской премии инж. *Н. М. Слоним*, инж. *А. Л. Эпштейн*

НАУЧНЫЕ РЕДАКТОРЫ

Инженеры *Б. Д. Антрушин*, *Н. Н. Лебедев*, *С. Н. Симаков*, *Д. В. Соколов*.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие 15

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

ТОПЛИВО, СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТОПЛИВНОЕ ХОЗЯЙСТВО

I. Топливо 18
1. Общие сведения о топливе . . . . —
2. Твердое топливо 20
3. Горючие газы 32
4. Нефтетопливо 35
II. Смазочные материалы 39
1. Общие сведения . . . . . —
2. Характеристика смазочных масел . . . 40
3. Регенерация масел 48
III. Хранение топлива и горюче-смазочных материалов 50
1. Хранение твердого топлива . . . . —
2. Хранение нефтепродуктов 51

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА ТЕПЛОСИЛОВЫХ УСТАНОВОК

I. Трубы стальные 56
1. Технические данные по стальным трубам . . . . —
2. Фланцы стальные и болты к ним 60
II. Арматура трубопроводная 63
III. Прокладочные и притирочные материалы 68
1. Прокладочные материалы . . . . . —
2. Набивки мягкие для сальников арматуры 70
3. Материалы для притирки и шлифовки арматуры 72
4. Смазки при притирке и шлифовке арматуры . . . . . —
IV. Теплоизоляционные материалы и изделия 73
V. Материалы для сварочных работ 77
1. Проволока стальная сварочная . . . . . —
2. Электроды стальные для дуговой сварки . . . . . —
3. Прутки чугунные сварочные 79
4. Материалы для сварки цветных металлов 80

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

I. Паровые котлы 81
1. Паровые котлы с давлением до 0,7 *ати* . . . . . —
2. Паровые котлы с давлением выше 0,7 *ати* 93

II. Топки 102
1. Общие сведения . . . . . —
2. Топки с ручным обслуживанием 105
3. Полумеханические топки 109
4. Механические топки 120
5. Камерные топки 121
III. Вспомогательное оборудование в котельных установках . . 145
1. Дополнительные поверхности нагрева котлоагрегата . . —
2. Золоуловители 154
3. Тяговая установка 156
4. Дутьевая установка 160
5. Борова и газо-воздуховоды 161
6. Питательные устройства 162
IV. Водоподготовка 164
1. Общие сведения . . . . . —
2. Обработка воды 165
3. Докотловая обработка воды 166
4. Внутрикотловая обработка воды 181
5. Непрерывная продувка котлов 186
V. Тепловой контроль в котельных установках 190
1. Организация теплового контроля . . . . . —
2. Приборы для измерения температуры 194
3. Приборы для измерения давления и разрежения 204
4. Приборы для измерения количества и расхода жидкостей, паров и газов 209
VI. Общие вопросы устройства котельных установок . . . 215
1. Параметры пара и горячей воды . . . . . —
2. Тип и количество котлов . . . . . —
3. Выбор топлива . . . . . —
4. Расположение котельной . . . . . —
5. Помещение для котельной установки . . 216
6. Отопление и вентиляция котельной . 217
7. Габариты котельных 218
8. Лестницы и площадки 219
9. Бункера для топлива . . . . . —
10. Расходные баки для мазута . . . . . —
11. Питательная установка 220
12. Трубопроводы . . . . . —
13. Склад топлива 222
14. Дробление топлива 223
15. Топливоподача 224
16. Золоудаление 230
17. Передвижные котельные 231
VII. Эксплуатация оборудования котельной установки 233
1. Правила безопасной эксплуатации котлов . . . . . —
2. Рекомендации по эксплуатации оборудования котельной установки 237
VIII. Ремонт котлов и вспомогательного котельного оборудования 242
1. Общие указания . . . . . —
2. Вывод котлоагрегата в ремонт и простой . . . . . —
3. Внешняя и внутренняя очистка котлоагрегата 244
4. Ремонт барабанов и коллекторов 245
5. Ремонт трубной системы котла 247
6. Ремонт обмуровки 250

7. Ремонт вспомогательного котельного оборудования . 251
8. Ремонт трубопроводов 252
9. Проверка качества ремонта и приемка котлоагрегата 253
10. Планово-предупредительный ремонт . . . . . —

РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ

ЛОКОМОБИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

I. Область применения и типы локомобилей . . . 257
1. Общие сведения . . . . . —
2. Передвижные локомобили 258
3. Стационарные конденсационные локомобили . . . 260
4. Стационарные теплофикационные локомобили . . 261
5. Электрогенераторы, поставляемые с локомобилями
билями 266
II. Топочные устройства локомобилей 267
III. Тепловые схемы локомобильных установок 270
IV. Эксплуатация локомобильных установок . . 272
1. Водоснабжение . . . . . —
2. Дренажные и спускные трубопроводы . . . —
3. Водный режим паровых котлов локомобилей —
4. Смазочные материалы . . . . . —
5. Питательные устройства 273
6. Вынужденная остановка котла . . . . . —
7. Вынужденная остановка паровой машины . . 274
8. Очистка котла локомобиля . . . . . —
9. Предохранительная легкоплавкая пробка . . . . —
V. Примеры компоновок локомобильных электростанций —

РАЗДЕЛ ПЯТЫЙ

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

I. Определение расхода топлива и тепла 277
1. Нормы расхода топлива на выпуск продукции предприятиями производственной базы строительных организаций . —
2. Нормы расхода топлива на выработку электроэнергии . 278
3. Нормы расхода топлива на хозяйственно-бытовые нужды и отопление зданий . . . . . —
II. Тепловые сети и их эксплуатация 282
1. Общие сведения по устройству тепловых сетей . . . . —
2. Трубопроводы 283
3. Прокладка трубопроводов 289
4. Опоры трубопроводов 294
5. Компенсация температурных удлинений трубопроводов 297
6. Изоляция трубопроводов 301
7. Сбор и использование конденсата 303
8. Эксплуатация и ремонт тепловых сетей и теплоиспользующих установок 308
III. Оборудование и арматура 309
1. Водоподогреватели . . . . . —
2. Насосы 314
3. Водоструйные элеваторы и схемы присоединения их к тепловым сетям 315
4. Арматура трубопроводов 320

РАЗДЕЛ ШЕСТОЙ

ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

I. Общие сведения 325
1. Принцип работы . . . . . —
2. Мощность и коэффициент полезного действия двигателей —
3. Карбюраторные двигатели 328
4. Бескомпрессорные транспортные дизельные двигатели . . 330
5. Стационарные двигатели 339
6. Стационарные нефтяные двигатели (калоризаторные) . . 346
7. Малолитражные двигатели . . . . . —
8. Системы пуска стационарных двигателей 348
9. Стартерные аккумуляторные батареи . . . . . —
II. Эксплуатация двигателей внутреннего сгорания 353
1. Общие требования . . . . . —
2. Топливо . . . . . —
3. Смазка двигателей 361
4. Охлаждение двигателей 363
5. Особенности эксплуатации быстроходных дизельных двигателей 364
III. Обслуживание и ремонт 365
1. Планово-предупредительный ремонт двигателей автотракторного и транспортного типов (и аналогичных) . . . . —
2. Планово-предупредительный ремонт двигателей стационарного типа 367
3. Основные монтажные данные по шатунно-кривошипному механизму автотракторных и транспортных двигателей . 368
IV. Эксплуатация двигателей внутреннего сгорания в зимнее время 372
1. Общие сведения . . . . . —
2. Подготовка двигателя к работе в зимних условиях . . . —
3. Система питания . . . . . —
4. Система смазки 373
5. Система охлаждения . . . . . —
6. Электрооборудование 374

РАЗДЕЛ СЕДЬМОЙ

КОМПРЕССОРЫ

1. Общие сведения 376
2. Поршневые компрессоры . . . . . —
3. Производительность поршневых компрессоров . . . . . —
4. Приведение объема сжатого воздуха к нормальным условиям 378
5. Коэффициент полезного действия компрессора . . . . . —
6. Мощность, потребляемая поршневыми компрессорами . . 379
7. Воздухосборники (ресиверы) 380
8. Типы компрессоров 381
9. Ротационные пластинчатые компрессоры 385
10. Общие требования к эксплуатации 387
11. Смазка компрессоров 388
12. Выбор диаметра труб для передачи сжатого воздуха (под давлением 6 *ати*) 389

Приложение 1. Теплосодержание и удельный объем насыщенного пара и воды 390
Приложение 2. Теплосодержание перегретого пара 391
Приложение 3. Удельный объем перегретого пара 392

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

КАБЕЛЬНЫЕ ИЗДЕЛИЯ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

I. Кабели и провода 394
1. Проводниковые материалы . . . . . —
2. Голые провода 395
3. Силовые и контрольные кабели 396
4. Шланговые гибкие кабели и провода 399
5. Установочные провода и шнуры 401
6. Провода обмоточные медные 404
II. Электроизоляционные материалы 409
1. Общие сведения . . . . . —
2. Волокнистые материалы 410
3. Слюдяные и слоистые изоляционные материалы 413
4. Трансформаторное масло 415
5. Электроизоляционные лаки 416
III. Разные материалы 419
1. Материалы для кабельных работ . . . . . —
2. Припои 422
3. Краски и лаки общего назначения 423
4. Вспомогательные материалы 425

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

I. Схемы электроснабжения строительных площадок 426
1. Основные требования к схемам электроснабжения . . . —
2. Рекомендуемые схемы электроснабжения строительных площадок . . . . . —
3. Выбор напряжения и сечения проводов для электрических сетей напряжением до 35 *кв* включительно 430
II. Передвижные электростанции 431
1. Передвижные электростанции с двигателями внутреннего сгорания . . . . . —
2. Паротурбинные энергопоезда 433
III. Определение потребной электрической мощности . . . . . —
1. Коэффициент спроса . . . . . —
2. Определение суммарной максимальной нагрузки 434
IV. Коэффициент мощности ($\cos\varphi$) и способы его улучшения . . 435
1. Общие сведения . . . . . —
2. Способы определения коэффициента мощности . . . . —
3. Способы улучшения коэффициента мощности 436
4. Повышение коэффициента мощности с помощью статических конденсаторов . . . . . —

V. Выбор сечений проводов и кабелей 438
1. Общий порядок выбора сечений . . . . . —
2. Проверка выбранного сечения по потере напряжения . . 441
VI. Учет электроэнергии и система ее оплаты 444
1. Учет электроэнергии и применяемые счетчики . . . . . —
2. Система оплаты электрической энергии 447
VII. Нормы расхода электроэнергии на строительстве 458
1. Производство строительно-монтажных работ . . . . . —
2. Нормы расхода электроэнергии на выпуск продукции производственными предприятиями строительных организаций 459

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ И ИХ ЭКСПЛУАТАЦИЯ

I. Воздушные линии (ВЛ) 463
1. ВЛ напряжением выше 1 000 *в* . . . . . —
2. ВЛ напряжением до 1 000 *в* 470
3. Эксплуатация воздушных линий 477
II. Кабельные линии 479
1. Применение кабелей на строительстве . . . . . —
2. Нагрузки на кабели 480
3. Общие указания по сооружению кабельных линий . . . 483
4. Прокладка кабелей в земле 485
5. Прокладка кабелей в зданиях 486
6. Соединения и концевые заделки кабелей . . . . . —
7. Испытания кабелей 490
8. Эксплуатация кабельных линий . . . . . —
III. Электропроводки 492
1. Указания по выбору проводов и кабелей для электропроводок . . . . . —
2. Основные правила устройства электропроводок 495
3. Соединение и оконцевание жил 498
4. Испытания электропроводок 499
5. Выбор установочных материалов для электропроводок . . 500
6. Эксплуатация внутренних электросетей напряжением до 500 *в* 501

РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ

ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ И ИХ ЭКСПЛУАТАЦИЯ

I. Электрооборудование трансформаторных подстанций и распределительных устройств 504
1. Общие положения . . . . . —
2. Комплектные распределительные устройства (КРУН) и комплектные трансформаторные подстанции (КТП) для наружной установки 505
3. Трансформаторы силовые двухобмоточные с естественным масляным охлаждением 512
4. Выключатели на напряжение до 35 *кв* 514
5. Выключатели нагрузки ВН-16 и ВНП-16 (с пристроенными предохранителями) 515
6. Разъединители 516
7. Измерительные трансформаторы напряжения . . . . —
8. Трансформаторы тока 517
9. Предохранители на напряжения 6—35 *кв* . . . . . —

10. Станционные изоляторы 518
11. Шины 519
II. Эксплуатация трансформаторных подстанций 521
1. Приемка распределительных устройств в эксплуатацию . —
2. Сроки осмотров силовых трансформаторов и распределительных устройств подстанций . . . . . —
3. Сроки ремонта силовых трансформаторов и оборудования распределительных устройств 522
4. Профилактические испытания аппаратов распределительных устройств 523
5. Оперативные включения и отключения силовых трансформаторов . . . . . —
6. Аварийные перегрузки силовых трансформаторов 524
7. Порядок ввода в действие силовых трансформаторов . . —
8. Выбор плавких вставок к предохранителям для понизительных трансформаторов 525
III. Надзор за трансформаторным маслом . . . . . —
1. Требования к эксплуатационному маслу . . . . . —
2. Отбор проб масла 526
3. Очистка и сушка масла 527

РАЗДЕЛ ПЯТЫЙ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

I. Заземление электроустановок 528
1. Общие требования . . . . . —
2. Элементы электрических устройств, подлежащие заземлению 530
3. Нормы на сопротивления заземляющих устройств . . . —
4. Заземлители и заземляющие проводники 531
5. Заземление опор воздушных линий электропередачи . . 534
6. Заземление передвижных строительных механизмов с электроприводом и электроинструмента 535
7. Краткие сведения по расчету и выполнению заземляющих устройств 536
8. Проверка заземляющих устройств 538
II. Релейная защита 541
1. Требования к защите электроустановок . . . . . —
2. Простейшая схема защиты трансформаторной подстанции напряжением 35 *кв* 542
3. Наиболее употребительные схемы защиты трансформаторов, кабельных и воздушных линий и электродвигателей напряжением 6—10 *кв* на оперативном переменном токе . . —
III. Защита электрических установок от атмосферных перенапряжений 546
1. Основные правила защиты от перенапряжений воздушных линий, подстанций, распределительных устройств и электрических машин . . . . . —
2. Трубчатые и вентильные разрядники 548
3. Заземлители для разрядников 549

РАЗДЕЛ ШЕСТОЙ

ЭЛЕКТРОПРИВОД НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИЯ

I. Основные свойства и характеристика электродвигателей . 552
1. Определения . . . . . —

2. Классификация изоляции, пределы нагрева и перегрузки двигателей 553
II. Технические данные электродвигателей 554
1. Асинхронные двигатели трехфазного тока единой серии А —
2. Модификации асинхронных двигателей единой серии А . 557
3. Двигатели серий АМ-6, ДАМ-6, ГАМ-6 561
4. Крановые двигатели 563
5. Выбор электродвигателей по конструктивному выполнению 564
III. Аппаратура управления и защиты . . . . . —
1. Рубильники и рубящие переключатели . . . . . —
2. Пакетные выключатели и переключатели 565
3. Магнитные пускатели серии П для двигателей переменного тока 566
4. Воздушные автоматические выключатели 568
5. Контакторы переменного тока 570
6. Контроллеры и командоконтроллеры 571
7. Тормозные электромагниты переменного тока 572
8. Предохранители с плавкими вставками . . . . . —
IV. Управление электроприводами 574
1. Схемы управления электроприводами с асинхронными двигателями . . . . . —
2. Схемы управления электроприводами по системе «генератор — двигатель» 579
3. Схемы регулирования асинхронных двигателей дросселями насыщения 581
4. Системы синхронного вращения двигателей 582
5. Схемы управления многоскоростными асинхронными двигателями 583
6. Автоматическое управление и блокировка в схемах управления электроприводами . . . . . —
V. Электроприводы строительных машин и механизмов . . . 591
1. Грузоподъемные машины . . . . . —
2. Машины непрерывного транспорта 592
3. Экскаваторы 597
4. Землесосные снаряды 600
5. Машины для бетона, раствора и извести —
6. Машины для дробления и сортировки . 601
7. Механизмы для деревообработки . . . 602
8. Электрифицированный инструмент . . . . —
9. Электровибрационные устройства 604
VI. Эксплуатация электропривода 606
1. Общие положения . . . . . —
2. Осмотры и планово-предупредительный ремонт электрооборудования 607
3. Смазка электродвигателей мощностью до 100 *квт* . . 610
4. Подшипники для основных типов электродвигателей . —

РАЗДЕЛ СЕДЬМОЙ

ЭЛЕКТРОПРОГРЕВ НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ

I. Электрооборудование, приспособления и инвентарь для электропрогрева 612
1. Трансформаторы . . . . . —
2. Распределительные устройства и сети . . . . . —

II. Электропрогрев бетона и железобетона 615
1. Общие сведения . . . . . —
2. Режим электропрогрева бетона . . . 618
III. Электропрогрев грунта 621
IV. Электронагревательные элементы 622

РАЗДЕЛ ВОСЬМОЙ

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

I. Источники света и осветительные приборы . . . 626
1. Общие сведения . . . . . —
2. Источники света 627
3. Электроосветительная арматура 629
4. Прожекторы заливающего света 632
II. Правила и нормы искусственного освещения 634
1. Нормы освещенности . . . . . —
2. Основные правила устройства электроосвещения на строительстве 638
III. Упрощенные методы расчета электроосветительных установок 641
1. Расчет общего равномерного освещения помещений по методу удельной мощности . . . . . —
2. Расчет прожекторного освещения открытых пространств методом удельной мощности 644

РАЗДЕЛ ДЕВЯТЫЙ

РЕМОНТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

I. Ремонт электрических машин 645
1. Дефектация (ревизия) и разборка электрических машин . —
2. Проверка обмоточных данных 662
3. Изменение обмоточных данных при изменении номинальных параметров машин 665
4. Обмоточные работы 666
5. Пропитка и сушка изоляции обмоток 670
6. Ремонт алюминиевых беличьих клеток роторов 672
7. Механический ремонт . . . . . —
8. Операционный контроль и приемные испытания электрических машин 676
II. Ремонт силовых трансформаторов 682
1. Определение повреждений . . . . . —
2. Разборка и осмотр трансформаторов перед ремонтом . . 683
3. Ремонт обмоток 684
4. Изоляционные материалы . . . . . —
5. Сушка и пропитка обмоток 686
6. Ремонт магнитопроводов 687
7. Трансформаторное масло 689
8. Сборка и сушка трансформаторов . . . . —
9. Армировка вводов 690
10. Приемные испытания . . . . . —
III. Ремонт сварочных трансформаторов . . . 691
1. Сварочный трансформатор СТЭ-24 . . . —
2. Сварочный трансформатор СТЭ-34 . . . 692
3. Сварочные трансформаторы СТАН . . . —
IV. Ремонт электроаппаратуры . . . . . —
1. Ремонт катушек аппаратов 693

2. Ремонт механических деталей и контактов . . . 694
3. Ремонт изоляционных деталей . . . . . —

РАЗДЕЛ ДЕСЯТЫЙ
СВЯЗЬ НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ

I. Виды связи и применяемая аппаратура 696
1. Виды связи на строительстве . . . . . —
2. Административно-хозяйственная связь . . . . . —
3. Оперативная связь (диспетчерская и директорская) . . 704
II. Устройства для электропитания установок связи 706
1. Источники вызывного тока . . . . . —
2. Источники постоянного тока для питания микрофонов, реле, сигнальных ламп и др. 707
3. Выпрямительные устройства с селеновыми выпрямителями 709
4. Блоки питания . . . . . —
III. Радиотрансляционные установки 710
IV. Радиотелефонная связь 712
1. Радиостанция «Урожай» . . . . . —
2. Радиостанция ЖР-3 (железнодорожная) 713
3. Автомобильная радиостанция АРС 714
V. Линейные сооружения установок связи на строительных площадках . . . . . —
1. Общие сведения . . . . . —
2. Кабели телефонные 715
3. Кабельная арматура, применяемая при устройстве телефонной сети 717
4. Провода (линейная проволока) для воздушных линий связи; основные технические данные по устройству линий связи 718
5. Заземление в технике проводной связи 721

РАЗДЕЛ ОДИННАДЦАТЫЙ
ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

I. Общие сведения 722
II. Основные требования техники безопасности к устройству и эксплуатации электроустановок на строительстве 723
1. Требования к устройству электроустановок 723
2. Эксплуатация электроустановок напряжением до 1 000 *в* . 724
3. Эксплуатация электроустановок напряжением выше 1 000 *в* 725
4. Эксплуатация воздушных линий 726
5. Эксплуатация кабельных линий . . . . . —
6. Электрифицированный инструмент и переносные лампы . 727
7. Работы по электропрогреву 728
8. Работа и передвижение строительных машин вблизи воздушных линий электропередачи . . . . . —
III. Нормы и сроки испытаний защитных средств и приспособлений 729
IV. Правила оказания первой помощи пострадавшим от электрического тока 730
1. Освобождение пострадавшего от тока . . . . . —
2. Меры первой помощи 731
3. Способы искусственного дыхания . . . . . —
Приложение 1. Единицы мер и весов 733
Приложение 2. Описание схемы дистанционного управления башенным краном МСК-5-20. 735

ПРЕДИСЛОВИЕ

Огромные задачи, поставленные перед строителями семилетним планом развития народного хозяйства СССР на 1959—1965 гг., могут быть решены только на основе дальнейшей широкой индустриализации и механизации строительства.

В резолюции XXI съезда КПСС отмечается необходимость превращения строительного производства в механизированный поточный процесс сборки и монтажа зданий и сооружений из крупноразмерных элементов и узлов, изготовляемых на заводах.

С ростом механизации и индустриализации строительства с каждым годом возрастает и роль энергетического хозяйства строек и предприятий, их обслуживающих.

Справочник энергетика на строительстве имеет целью дать инженерам-энергетикам и механикам, работающим в строительных организациях в области эксплуатации энергоустановок, необходимые сведения в области теплотехнического и электротехнического хозяйства в объеме, необходимом для современного строительства.

Помимо вопросов, связанных с эксплуатацией и ремонтом энергооборудования в справочнике приводятся также нормативные данные по определению потребности в энергоресурсах для строительных площадок и предприятий, обслуживающих стройки (потребной электрической мощности, расхода топлива, пара, электроэнергии).

При подготовке второго издания материалы, помещенные в справочнике, подверглись существенной переработке и обновлению. В новом издании получили отражение изменения нормативных документов (правил, норм, инструкций и т. п.) по теплотехническим и электротехническим вопросам, а также изменения соответствующих ГОСТов и технических условий, имевшие место за время, прошедшее после первого издания книги. Сведения по оборудованию и кабельной продукции приведены в соответствие с новыми каталожными данными. Введен новый раздел — «Электрическое освещение».

Вместе с тем из справочника исключены разделы и главы, касающиеся вопросов, не имеющих прямого отношения к энергетике строительства (термическая обработка строительных материалов, водоснабжение, электросварка, сушка древесины с применением токов высокой частоты и др.). Исключены также разделы, касающиеся теоретических вопросов (общие сведения по термодинамике, гидравлике, электротехнике).

Учитывая, что справочник предназначен для инженерно-технических работников, занятых на эксплуатации энергоустановок, авторский коллектив во втором издании книги значительно сократил материал, относящийся к области проектирования за счет некоторого увеличения сведений по эксплуатации и ремонту оборудования.

Во избежание дублирования материалов, помещенных в других справочных пособиях, выпускаемых Госстройиздатом, в настоящий

справочник включены лишь сведения, имеющие непосредственное отношение к работе инженера-энергетика. Данные по смежным вопросам следует находить в соответствующих справочных пособиях. Так, например:

приведены сведения только по питательным насосам и насосам, применяемым в тепловых сетях; данные по насосам, необходимым в водопроводных и канализационных установках, могут быть найдены в «Справочнике по трубам, арматуре и оборудованию водопроводно-канализационных сооружений» (Госстройиздат, 1958);

в части электропрогрева бетона приведены в основном данные по электрооборудованию и устройствам, применяемым для электропрогрева; сведения по технологии производства строительных работ с использованием электропрогрева помещены в соответствующих справочных руководствах, издаваемых Госстройиздатом, в том числе: В. Ф. Утенков «Строительные работы в зимнее время», Л. В. Роговский «Земляные работы» и др.;

в части технологии производства ремонта механической части оборудования (двигателей внутреннего сгорания, компрессоров, электромашин и др.) в настоящем справочнике данных не приводится; они помещены в справочных руководствах, рассчитанных на механиков, в том числе в «Справочнике механика на строительстве» под редакцией А. П. Станковского (Госстройиздат, 1960), в «Справочнике механика по эксплуатации строительных машин» под редакцией П. А. Зимина (Госстройиздат, 1960) и др.

В справочнике представлены сведения по оборудованию, изготовляемому на отечественных заводах, причем об оборудовании, снятом в настоящее время с производства, даны только необходимые сведения по эксплуатации.

В составлении второго издания справочника приняли участие: по теплотехнической части: инженеры К. В. Виноградов, В. С. Кузьмин, П. С. Куликов, М. С. Розанов, В. Н. Сидоров, А. Л. Эпштейн; по электротехнической части: инженеры И. Н. Бодунген, А. Л. Веллерштейн, Б. Г. Гольдгоф, Н. Н. Лебедев, канд. техн. наук С. С. Леви, инж. Д. В. Соколов, лауреат Сталинской премии инж. Н. М. Слоним.

Редактирование справочника проведено: Н. Н. Лебедевым (ответственный редактор), Б. Д. Антрушиным, С. Н. Симаковым, Д. В. Соколовым.

Редакционная коллегия и авторский коллектив просят все замечания и пожелания по справочнику направлять по адресу: Москва, Третьяковский проезд, дом № 1, Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам.

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

ТОПЛИВО, СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТОПЛИВНОЕ ХОЗЯЙСТВО

I. ТОПЛИВО

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТОПЛИВЕ

Таблица 1

Составные части топлива

Обозначение	Углерод C	Кислород O	Водород H	Азот N	Сера S		Зола A	Влага W
					горючая	негорючая		
о	Органическая часть							
г	Горючая масса							
с	Сухая масса							
р	Рабочая масса (рабочее топливо)							

Содержание всех составных частей оценивается в процентах к весу топлива. Зола и влага составляют балласт топлива и обозначаются

$$Б = A^{р} + W^{р}.$$

Для теплотехнических расчетов принимается состав рабочего топлива (рабочая масса).

Основными показателями качества топлива являются его теплотворная способность Q (в *ккал* на 1 *кг* топлива) и содержание летучих горючих веществ $V^{г}$ (в %).

Низшая теплотворная способность $Q_{н}$ в отличие от высшей $Q_{в}$ учитывает потери тепла топлива на испарение влаги $W^{р}$, содержащейся в топливе, и на образование водяных паров, получающихся от сгорания водорода топлива. Во всех теплотехнических расчетах учитывается низшая теплотворная способность рабочего топлива $Q^{р}_{н}$.

При планировании и учете расхода топлива в качестве эталона принимают условное топливо с теплотворной способностью $Q^{р}_{н} = 7\,000$ *ккал/кг*. Переводным коэффициентом называется отношение теплотворной способности рабочего топлива к теплотворной способности условного топлива, т. е. к 7 000 *ккал/кг*.

Теплотворная способность рабочего топлива для различных значений влажности и зольности подсчитывается по формуле

$$Q_н^р = Q_н^г \frac{100 - W^р - A^р}{100} - 6\,W^р \text{ ккал/кг}.$$

Теплотворная способность рабочего топлива может быть также определена приближенно на основе химического анализа топлива по формуле Д. И. Менделеева:

$$Q_н^р = 81\,C^р + 300\,H^р - 26\,(O^р - S^р) - 6\,(9H^р + W^р) \text{ ккал/кг}.$$

Пересчет содержания различных компонентов производится по формуле:

с сухой массы на рабочую

$$A^р = A^с \frac{100 - W^р}{100}\ \%;$$

с сухой на горючую

$$C^г = C^с \frac{100}{100 - A^с}\ \%;$$

с горючей на рабочую

$$C^р = C^г \frac{100 - W^р - A^р}{100}\ \%.$$

Компоненты топлива берутся в процентах по весу.

Содержание летучих $V^г$ в топливе выражается в процентах от веса горючей массы топлива. Зола топлива характеризуется температурой ее плавления и считается легкоплавкой при температуре плавления $<1200°$, среднеплавкой $<1400°$ и тугоплавкой $>1400°$; кроме того, зола характеризуется способностью к спекаемости, она может быть сыпучей пылеобразной или спекающейся в куски.

Испарительной способностью топлива (испарительностью) называется количество нормального пара (с теплосодержанием 640 *ккал/кг*), которое можно получить от сжигания 1 *кг* топлива, имеющего теплотворную способность $Q_н^р$ при данном к. п. д. котельной установки $\eta_к$, и определяется по формуле

$$И = \frac{Q_н^р \eta_к}{640}.$$

Испарительность топлива колеблется в пределах от 2 до 8 *кг* нормального пара на 1 *кг* топлива. Для условного топлива испарительность

$$И = \frac{10{,}9}{100} \eta_к' \text{ кг нор. пара/кг усл. топлива},$$

где $\eta_к'$ — к. п. д. котельной установки в %.

2. ТВЕРДОЕ ТОПЛИВО

Общая характеристика твердого топлива приведена на рис 1.

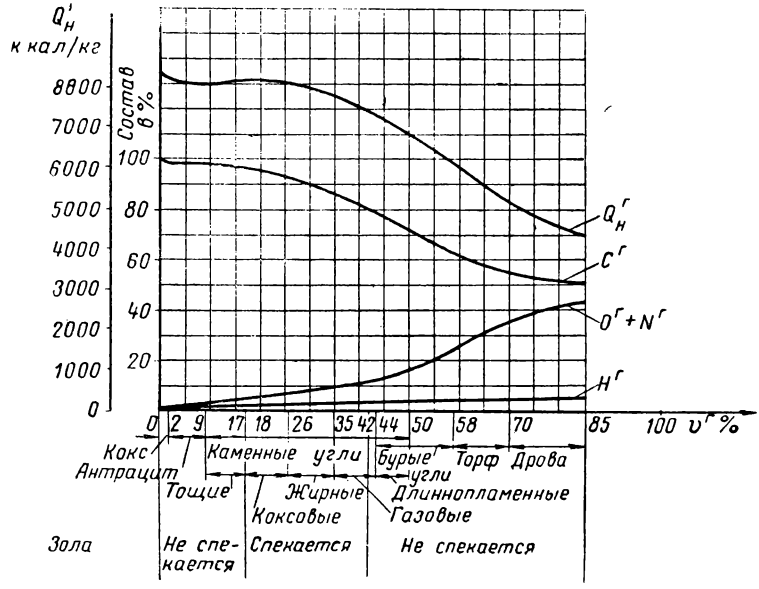


Рис. 1. Общая характеристика твердого топлива (в зависимости от состава основных элементов)

1) Антрациты

Антрациты содержат летучих от 2 до 9%. Донецкие антрациты (по ГОСТ 5287-50) делятся по размерам кусков на следующие классы.

Таблица 2

Классификация донецких антрацитов по размерам кусков

Наименование сорта	Условное обозначение	Размер кусков в *мм*
Плита	АП	100 и более
Кулак	АК	50—100
Орех	АО	25—50
Мелкий орех	АМ	13—25
Семячко	АС	6—13
Штыб	АШ	До 6
Рядовой со штыбом	АРШ	Не ограничен
Семячко „ „	АСШ	До 13
Антрацит „зубок“	АЗ	3—6

Примечание. Промежуточное положение занимают донецкие полуантрациты ПА, имеющие выход летучих V^r =5—10%, но теплотворная способность горючей массы $Q_н^r$ у них несколько выше, чем у антрацитов.

2) Каменные угли

В СССР принята классификация каменных углей, основанная на содержании в угле летучих $V^г$ и свойствах кокса.

Марки спекающихся каменных углей характеризуются также минимальной толщиной (в *мм*) пластического слоя золы, получающейся при сжигании углей (например, $ГР_{10}$ и т. д.).

Таблица 3

Классификация каменных углей по содержанию летучих

Наименование угля	Марка	Выход летучих $V^г$ в %	Свойства кокса
Сухие длиннопламенные . . .	Д	Более 42	Неспекшийся, порошкообразный или слипшийся
Газовые	Г	От 35 до 44	Спекшийся, сплавленный, рыхлый
Паровичные жирные	ПЖ	„ 26 „ 35	Спекшийся, сплавленный или умеренно плотный, или плотный
Коксующиеся	К	„ 18 „ 26	То же
Паровичноспекающиеся . . .	ПС	„ 18 „ 22	„
Тощие	Т	„ 9 „ 17	Неспекшийся, порошкообразный или слипшийся

Примечание. Угли СС близки по качеству к углям ПС, но слабо спекаются и используются как энергетическое топливо.

Таблица 4

Классификация каменных углей по размерам кусков (по ГОСТ 5634-51)

Класс угля	Обозначение	Размер кусков в *мм*
Крупный	К	50—100
Орех	О	25—50
Мелкий	М	13—25
Семячко	С	6—13
Штыб	Ш	Менее 6
Рядовой	Р	Не ограничен

3) Бурые угли

Бурые угли отличаются большой влажностью (до 40%) и зольностью (до 40%); зола их тугоплавка. Почти все угли Средней Азии (Казахстана, Узбекистана и др.) являются окисленными каменными углями, но в связи со своими свойствами маркируются как бурые угли. Длительного хранения бурые угли не выдерживают.

Таблица 5

Классификация бурых углей по размерам кусков

Класс угля	Обозначение	Размер кусков в *мм*
Подмосковный бассейн		
Бурый крупный	БК	>50
„ орех	БО	20—50
„ мелкий	БМ	<20
„ рядовой	БР	Не ограничен
Уральский и другие бассейны		
Бурый крупный	БК	>25
„ мелкий	БМ	<25
„ рядовой	БР	Не ограничен

4) Торф

Торф подразделяется на кусковой (резной, машиноформовочный, гидравлический) и фрезерный (в виде крошки). В органической массе торфа содержится до 70% летучих. Рабочая теплотворная способность его $Q_н^р$ колеблется от 2 000 до 3 500 *ккал/кг*. Влажность торфа зависит от условий добычи и способов сушки; в сухом торфе она составляет от 15 до 50% (в резном — 40% и фрезерном — 50%), в свежедобытом торфе влажность доходит до 90%.

Зольность торфа $A^с$, отнесенная к сухой массе, в зависимости от степени засоренности болот и глубины залегания составляет от 5 до 35%. Температура плавления золы торфа колеблется в широких пределах — от 900 до 1500°.

Таблица 6

Характеристика торфа основных разрабатываемых месторождений

Месторождение	Область	Сорт торфа	Сухая масса		Горючая масса			
			$A^с$	$S^с_{об}$	$C^г$	$H^г$	$N^г$	$Q^г_б$
Район ГРЭС имени Классона	Московская	Фрезерный	11	0,4	59,5	6,1	2,7	5 750
То же	»	Гидроторф	10	0,2	58,5	6,1	2,7	5 700
Ореховское	»	»	11	0,3	57,5	6,2	1	5 500
»	»	Фрезерный	10,5	0,3	59,5	5,9	—	5 800
Шатурское	»	»	7,5	0,3	60,5	6,1	—	5 900
Васильевский мох	Калининская	Гидроторф	6	—	—	—	—	5 650
То же	»	Фрезерный	6	0,25	59	5,6	2,2	5 700
Редькино	»	Машиноформовочный	6	0,2	—	—	—	5 800
»	»	Фрезерный	7	0,35	59,8	6	—	5 800
Тейково	Ивановская	Гидроторф	7,5	0,2	57,5	5,8	—	5 500
»	»	Фрезерный	10,5	—	—	—	—	5 350
Ляпинское (ст. Филино)	Ярославская	Гидроторф	10,5	0,4	57,5	5,9	—	5 500
То же	»	Фрезерный	14	0,4	55,6	5,9	—	5 300
Назиевское (ст. Жихарево)	Ленинградская	Гидроторф	9	—	—	—	—	5 600
Ириновское (ст. Рахья)	»	»	16	—	—	—	—	5 000
То же	»	Фрезерный	5	—	—	—	—	5 000
Чернораменское	Горьковская	Гидроторф	16	2	58	5,9	—	5 700
Чистое (ст. Балахна)	»	»	6,5	0,2	58,5	6,3	—	5 700
Имени 15-летия Октября	»	»	11,5	0,3	58,5	6	—	5 650
Широкореченское	Свердловская	Багернорезной	6,5	0,4	55,5	5,8	—	5 300
»	»	Фрезерный	9	0,5	55,5	5,8	—	5 300

[1] Состав торфа приведен по данным «Справочника для теплотехника электростанций», Госэнергоиздат, 1949, стр. 55.

5) Древесное топливо

Состав горючей массы дров для всех древесных пород сравнительно постоянен, средние значения его приведены в табл. 7, а средний состав рабочей массы — в табл. 8.

По ГОСТ 3243-46 предусматривается учет дров в складочных кубометрах средней плотности кладки. Согласно ГОСТу дрова считаются: сухими — с относительной влажностью до 20%; полусухими — от 21 до 33% и сырыми — более 33%.

Вес 1 $м^3$ дров зависит от их породы и степени влажности. Средний вес 1 $м^3$ для всех пород составляет:

а) плотного кубического метра: 560 *кг* при 20% влажности и 685 *кг* при 33% влажности;

б) нормального складочного кубического метра: 392 *кг* при 20% влажности и 480 *кг* при 33% влажности.

Объемной теплотворной способностью дров называется количество *ккал*, которое выделяет при полном сгорании 1 скл. $м^3$ дров.

Таблица 7

Состав горючей массы дров

Порода древесины	Содержание в %			Теплотворная способность горючей массы $Q_н^г$ в *ккал/кг*
	углерод C	водород H	кислород + азот O+N	
Дуб	51	6,05	42,95	4 510
Береза	50,4	6,3	43,3	4 490
Осина	51,3	6,8	41,9	4 580
Ель	50,1	6,4	43,5	4 480
Сосна	51,2	6	42,8	4 560
В среднем для всех пород	51	6,1	42,9	4 510

Таблица 8

Состав рабочей массы дров и отходов (средние значения)

Состав рабочей массы	Обозначение	Дрова	Щепа, древесная мелочь и другие отходы	Опилки
Теплотворная способность рабочей массы (низшая) в *ккал/кг*	$Q_н^р$	2 440	2 630	1 875
Относительная влажность дров в %	$W^р$	40	35	50
Выход летучих в %	$V^г$	85	88	85
Состав (в % по весу):				
углерод	$C^р$	30,25	32,85	25
водород	$H^р$	3,5	3,9	3
кислород	$O^р$	25,15	27,2	21
сера	$S^р$	—	—	—
азот	$N^р$	0,56	0,4	0,5
зольность	$A^р$	0,54	0,65	0,5

Таблица 9

Теплотворная способность 1 $м^3$ дров и переводные коэффициенты в условное

Порода древесины	Теплотворная способность рабочего топлива в тыс. *ккал* на 1 $м^3$	Переводной коэффициент для 1 скл. $м^3$ дров в $т$ условного топлива
Дуб	1 999	0,285
Береза	1 613	0,23
Сосна	1 455	0,208
Ель	1 244	0,178
Осина	1 279	0,183
В среднем для всех пород при 33% влажности)	1 302	0,186

Характеристика различных видов твердого

Вид топлива и месторождение	Марка и сорт топлива	Характеристика топлива					
		для плановых расчетов		для теплотехнических расчетов			
				влага в %			
		теплотворная способность рабочая низшая $Q_н^р$ в *ккал/кг*	переводный коэффициент в условное топливо Э	гигроскопическая W^A	по рабочей массе $W^р$	зольность в % на рабочую массу $A^р$	теплотворная способность рабочая низшая $Q_н^р$ в *ккал/кг*
Условное топливо		7 000	1	—	—	—	—
1) Каменноугольное топливо							
Донецкий бассейн	В среднем по бассейну по всем маркам	6 500	0,93	—	—	—	—
а) Каменный уголь	В среднем по всем маркам	6 455	0,92	—	—	—	—
	Г в среднем . .	6 220	0,888	3	7	15,8	5 900
	Д „ . .	5 280	0,754	4,5	12—13	19,6	4 840
	ПС „ . .	6 930	0,99	—	—	—	—
	К „ . .	6 780	0,969	—	—	—	—
	Т „ . .	6 815	0,974	1	5	15,2	6 550
	ПЖ „ . .	6 580	0,94	1	6	18,8	5 980
б) Антрацит	В среднем по всем маркам	6 540	0,934	—	—	—	—
	АП	7 115	1,016	2	5	4,9	7 240
	АК	7 030	1,011	2	5	5,2	7 030
	АМ	6 540	0,934	2	5	13,3	6 500
	АС	6 395	0,914	2	6	13,2	6 400
	АСШ	6 195	0,885	2	6	14,1	6 330
	АШ	6 065	0,886	2	7	16,7	6 010
	АРШ	6 445	0,921	2	6	16,9	6 100
	Шлам	5 070	0,727*	1	20	16	5 070
	ППм	3 850	0,55	1	11	40,3	3 650
	ПП с	4 900	0,7	1	4	30,8	4 900
в) Полуантрациты	ПА	6 470	0,924*	1,2	5,5	15,1	6 470
Кузнецкий бассейн	В среднем по бассейну по всем маркам	7 000	1	—	—	—	—
Анжеро-Судженское	ПС среднее . .	7 100	1,015	1	6,5	12,2	6 740
Кемеровское	ПС-Т „ . .	6 490	0,9	1	8	14,7	6 360
	К „ . .	7 215	1,031	1	9	15,5	5 990
Ленинское	Д „ . .	6 260	0,895	3,5	10	5	6 260
	Г „ . .	6 690	0,955	1,8	9	10	6 270
Прокопьевское	СС „ . .	6 980	0,997	1	7	7,4	6 640
Киселевское	СС „ . .	6 590	0,941	1,2	6	10,3	6 770
Араличевское	Т „ . .	6 560	0,94	1,5	7	16,7	6 130

Таблица 10

топлива в СССР (по данным ВТИ)

Горючая масса топлива (состав по элементам в %)						Характеристика золы	
сера на сухую массу $S^c_{об}$	выход летучих $V^г$	углерод $C^г$	водород $H^г$	азот $N^г$	кислород $O^г$	размягчение при t в град.	жидкоплавкое состояние при t в град.
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
3,7	39	80,5	5,4	1,5	8,3	1050	1220
4,8	43	75	5,5	1,6	12,1	1100—1200	1150—1200
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
2	13	90	4,2	1,5	2,1	1060	1260
3,9	32	83	5,1	1,5	5,6	1100	1200
—	—	—	—	—	—	—	—
1,9	4	94	1,8	1	1,3	1050—1350	1100—1400
1,9	4						
1,8	4	93,5	1,8	1	2		
1,8	4						
2	4	93	1,8	1	2	1050—1350	1100—1400
1,9	4	92,5	1,8	1	2,5	1050—1350	1100—1400
2	4	93	1,8	1	2	1070	1250
3	30	85	5	1,5	4,9	1070	1250
3,5—6	28—30	80	5,5	1,7	6,9	1050—1450	1150—1450
4,5—7	25—27	82,5	5	1,5—2	4,2	1150—1400	1200—1450
2	8	91,42	3,5	1,25	1,83	1060	1290
—	—	—	—	—	—	—	—
0,6	15	91	4,3	1,9	2,1	1150	1440
0,4	16	90—88,5	4,3	—	3,3	1070—1100	1230—1330
0,4	29	87	5	—	5,5	1090	1240
	40	—	—	—	—	1130	1260
0,6	39	83	5,8	2,7	7,8	1100	1250
0,4	30	88	4,6	2,2	4,7	1100	1280
0,4	22	88,5	4,3	2,3	4,4	—	—
0,6	11	89	4,1	2	4,2	1200	1485

Вид топлива и месторождение	Марка и сорт топлива	Характеристика топлива					
		для плановых расчетов		для теплотехнических расчетов			
				влага в %			
		теплотворная способность рабочая низшая $Q_н^р$ в *ккал/кг*	переводный коэффициент в условное топливо $Э$	гигроскопическая W^A	по рабочей массе $W^р$	зольность в % на рабочую массу $A^р$	теплотворная способность рабочая низшая $Q_н^р$ в *ккал/кг*
Осиновское	ПЖ среднее	7 125	1,02	0,9	6—7	10,3	6 830
Итатское	БР	2 675	0,382*	9	45	8,3	2 675
Подмосковный бассейн	БР в среднем по бассейну	2 900	0,415	8	33	23,5	2 510
	БК	3 115	0,445	—	—	—	—
	БО	2 840	0,405	—	—	—	—
	БМ	2 520	0,36	—	—	—	—
Карагандинский бассейн	В среднем по бассейну по всем маркам	5 880	0,84	—	—	—	—
	БР	3 840	0,55	10	26	17	3 620
	ПЖ	6 020	0,86	2	7,5	25	5 320
	ПС	5 980	0,855	2	8	25	5 230
	ППс	5 440	0,797	2	4—6	24—29	5 440
Печорский бассейн							
Воркутское	ПЖ (рядовой)	6 300	0,9	1,5	7	18,6	5 930
Интинское	Д и Г	4 210	0,601*	6	11	24,9	4 340
Комаровское и др. месторождения Ленинградской и Калининской областей	БР	2 460	0,351*	8	34	25,9	2 460
Уральские угли							
Кизеловское	ПЖ, Д	5 600	0,8	1,5	5,5	28	5 000
Челябинское	БР в среднем	3 850	0,55	11	17	24,9	3 770
Егоршинское	АР	6 130	0,875	1,3	5	20,9	5 880
Богословское	БР	3 295	0,47	11	28	21,6	2 840
Полтавское месторождение	А (рядовой)	5 100	0,73*	3	9	25,5	4 960
Брединское	А (рядовой)	5 570	0,82*	3	7,5—9	25,9	5 180
Домбаровское	А (рядовой)	4 900	0,70*	2,5	7—10	31,5	4 400
Волчанское	БР	2 590	0,37*	12	27	31,5	2 590
Кизеловский промпродукт	ППм	4 150	0,593*	1	8	36,8	4 150
Коркинское месторождение (Еманжелинское)	БР	3 430	0,49*	9	16	31	3 380
Бабаевское (Ермолаевский разрез, Баш. АССР)	БР	2 240	0,32*	7	52	10,8	2 240
Буланашское	ГР	5 460	0,78*	2,5	10	18	5 460

Продолжение табл. 10

Горючая масса топлива (состав по элементам в %)						Характеристика золы	
сера на сухую массу $S^c_{об}$	выход летучих V^r	углерод C^r	водород H^r	азот N^r	кислород O^r	размягчение при t в град.	жидкоплавкое состояние при t в град.
0,5	28	86,5	5,3	2,7	4,8	—	—
1,6	49	70	5	0,7	22,2	1150	1280
4	45	67	5	1,3	20,8	1000	1100
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
0,7	40	73,5	4,7	0,9	20,2	1100	1225
0,8	28	85	5,1	1,4	7,5	1150	1450
0,8	27	85	5,1	1,4	7,5	—	—
1	—	—	—	—	—	—	—
1	31	85	5,3	2,3	6,1	1000	1150
2,5	39	75	5	2	14,6	1080—1200	1125—1240
3,5	45	67	5,5	1,3	20,8	—	—
6—8	45	78	5,6	1,3	6,3	1200—1500	1250—1500
1,2	48	73	5,2	1,7	18,5	1100—1350	1150—1400
0,5	9	90,5	3,7	0,6	4,6	>1500	>1500
0,5	48	70	4,5	1,3	23,5	1170—1350	1200—1400
0,2	3,5	95	0,8	0,5	3,5	—	—
0,8	4	93,6	1,7	0,6	3,4	1250—1500	1400—1500
0,8	7	93,6	1,8	0,7	3,9	—	—
0,3	50	66,5	5	1	27,1	1300—1500	1330—1500
9,9	40	79	5,4	1,7	4	—	—
1,8	45	71,5	5,1	1,7	19,1	1100—1350	1150—1400
1	63	69,5	6,5	0,5	21,8	1120	1220
1,5	40	80,5	5,5	1,5	10,8	1275	1300

Вид топлива и месторождение	Марка и сорт топлива	Характеристика топлива: для плановых расчетов: теплотворная способность рабочая низшая $Q^р_н$ в *ккал/кг*	для плановых расчетов: переводный коэффициент в условное топливо $Э$	для теплотехнических расчетов: влага в %: гигроскопическая W^A	для теплотехнических расчетов: влага в %: по рабочей массе $W^р$	для теплотехнических расчетов: зольность в % на рабочую массу $A^р$	для теплотехнических расчетов: теплотворная способность рабочая низшая $Q^р_п$ в *ккал/кг*
Восточные угли							
Назаровское (Ачинский р-н)	БР	3 060	0,437*	11	40	7,2	3 060
Канское (Ирша-Бородинское и др.)	БР	3 815	0,545	11	32	10,2	3 570
Хакасское (Черногорское)	Д	5 765	0,824	3,5	13	10	6 340
Черемховское	Д	5 510	0,79	4	14	21,5	4 660
Черновское	БР	3 850	0,55	11	33	7,4	3 910
Букачачинское	ПЖ, Г . . .	5 670	0,61*	3	8	12	6 140
Тарбагатайское	БР	3 970	0,57	8	25	13,5	4 050
Гусиноозерское	БР	4 450	0,63*	5	21	15,8	4 240
Норильское	ПЖ	5 110	0,73	1,3	7	23,2	5 480
Кивдинское	БР	3 116	0,445	10,5	37	13,2	2 840
Райчихинское	БР	3 405	0,485	10,5	37	9,5	3 070
Буреинское (Ургальское)	БР	4 860	0,694*	0,8	5	21,4	4 860
Угли Приморского края							
Артемовское	БР	3 830	0,55	9	28	21,6	3 120
Сучанское	ПЖ в среднем по месторождению . . .	5 580	0,8	1,5	6	21,6	5 720
Подгородненское	Т, БР	4 600	0,66	1	5	38	4 520
Тавричанское	БР	4 475	0,64	8,5	14	21,5	4 350
Арабагарское (Читинская обл.)	БР	3 440	0,49*	11,5	25	15	3 720
Ворошиловское	ПЖ, СС . . .	6 590	0,94*	0,7	5	39,9	4 310
Северо-Сахалинское	По всем маркам К, Г, ПЖ, Д . . .	6 990	0,999	—	—	—	—
Ольгенское	БР	2 550	0,364*	10	40	13,8	2 550
Среднеазиатские угли							
Берчогурское	Г, БР	4 480	0,64*	2	6	37,6	4 190
Экибастузское (Иртышское)	СС	4 050	0,594*	1,3	8	36,8	4 050
Кушмурунское	БР	3 230	0,46*	9	35	13	3 230
Ленгеровское	БР	4 155	0,595	8	27	14,6	3 850
Сулюктинское	БР	4 685	0,669	10	21	11,9	4 400
Кзыл-Кийское	БР	4 275	0,611	10	27	11,7	4 000
Таш-Кумырское	ГР, Д	5 870	0,84	6	13	11,3	5 450
Кок-Янгакское	ГР, Д	5 105	0,73	6	15	17	4 850
Шурабское	БР	4 035	0,576	13	26	12,6	3 950
Ангренское	БР	2 880	0,411*	9	35,0	11	3 450
Мангышлакское	БР	3 750	0,536*	12	30	13	3 750

Продолжение табл. 10

Горючая масса топлива (состав по элементам в %)						Характеристика золы	
сера на сухую массу $S^c_{об}$	выход летучих V^r	углерод C^r	водород H^r	азот N^r	кислород O^r	размягчение при t в град.	жидкоплавкое состояние при t в град.
1,2	48	71	4,1	0,9	22,8	1250	1360
0,7	49	71	4,8	1,4	22	1250	1270
0,7	42	79	5,6	2,2	12,5	1200—1350	1280—1380
1,2	45	78	5,7	1,6	13,3	1100—1300	1160—1500
0,6	42	75,5	5	1,3	17,5	1100—1180	1130—1230
0,6	38	80	5,5	1,1	12,8	1150—1500	1170—1500
2,5	43	75	5,2	1	16,3	1140—1300	1170—1450
0,6	43	75	5	1,1	18,2	1050—1350	1070—1380
1,5	23	85	5	1,7	6,8	1250	1300
0,3	41	71	4,3	1,2	23,2	1100—1250	1200—1300
0,3	43	70	4,3	1,1	24,3	1130—1300	1200—1310
0,4	42	80	6	1,2	12,4	1370	1500
0,5	49	71,5	5,7	1,5	20,7	1100—1450	1125—1475
0,4	29	86	5	1,4	7,1	1250—1300	1250, >1500
0,3	17	87	4,8	1,3	6,4	1250, >1500	1300, >1500
0,7	45	75	5,6	1,6	17,1	1100, >1500	1270, >1500
1,2	45	71,8	4,9	1,4	20,7	1100	1200—1210
0,5	25	87	5,5	1	6	>1500	>1500
—	—	—	—	—	—	—	—
2,4	55	65	5,6	1	26	1100—1300	1150—1400
5,14	47	77	6,5	1,4	9,2	>1500	>1500
1,2	32	80,5	5,2	1,5	11,6	1060	1350
2,9	50	72,5	5,4	1,1	18,1	1070	1185
3	40	74,5	5	1	15,9	1050—1200	1100—1250
1	36	78	4	0,8	16,2	1120—1350	1140—1400
2	38	75	4,2	0,9	17,1	1030—1300	1050—1350
0,9	37	79	4,9	1,2	14,3	—	—
2	37	77	5	1	14,6	1100—1500	1100—1500
2,8	35	74	4,4	0,8	18	1100	1150
2	37	75	3,9	0,9	17,5	1100—1240	1130—1375
4,3	32	76	2	1	14,7	—	—

Вид топлива и месторождение	Марка и сорт топлива	Характеристика топлива: для плановых расчетов — теплотворная способность рабочая низшая $Q^р_н$ в *ккал/кг*	для плановых расчетов — переводный коэффициент в условное топливо $Э$	для теплотехнических расчетов — влага в %: гигроскопическая W^A	для теплотехнических расчетов — влага в %: по рабочей массе $W^р$	для теплотехнических расчетов — зольность в % на рабочую массу $A^р$	для теплотехнических расчетов — теплотворная способность рабочая низшая $Q^р_н$ в *ккал/кг*
Украинские угли (помимо донецких)							
Александрийское (Христофоровское и др.)	БР	1 650	0,236*	10	53	14,1	1 650
Золочевское (Тростянецкое)	БР	2 420	0,345*	9	37	18,9	2 420
Коломыйское	БР	3 410	0,487*	10	20	24	3 410
Мукачевское (Ильницкое)	БР	1 640	0,234*	9	45	24,8	1 640
Львовско-Волынское	ГР	4 950	0,707*	2,8	10,5	22,4	4 950
Закавказские угли	В среднем по всем маркам						
Ткварчельское	ПЖ	4 960	0,71	1,2	10	34,2	4 180
Ткибульское	Г	4 680	0,67	3,5	11	26,7	4 470
Ахальцихское	БР	2 470	0,353*	11	20	38,4	2 470
Силезский уголь (импорт)	Г	5 670	0,81*	3	8	16,5	5 670
2) Горючие сланцы							
Эстонские		2 600	0,371*	0,6	15	—	2 600
Гдовские (Ленинградская обл.)	—	2 040	0,29*	0,6	15	—	2 040
Кашпирские (Куйбышевская обл.)	—	1 610	0,23	3	20	—	1 550
Ульяновские	—	1 565	0,224				
Савельевские (Саратовская обл.)	—	1 475	0,211	3	20	—	1 500
Озинские Саратовская обл.)	—	1 490	0,213*	3	21	—	1 490
3) Торф, дрова							
Торф кусковой	33% влажности в среднем, кроме УССР	2 940	0,42	11	50	6,6	2 560
	В среднем для УССР	2 730	0,39	—	—	—	—
Дрова	Смешанные . .	1 302 000 (на 1 $м^3$)	0,186 (на 1 $м^3$)	7	40	0,6	2 440 (на 1 *кг*

* Переводные коэффициенты, отмеченные звездочкой, подлежат дальнейшем

Примечания. 1. В табл. 10 приведены средние значения величин по характ дельным шахтам и разрезам.

2. Низшая теплотворная способность рабочего топлива и переводные коэффициенты заны в графе 3 и 4.

3. Для учета расхода топлива на отопление паровозов в условном исчислени ством путей сообщения для различных марок углей и сортов топлива.

4. Угли марки ППм — продукт мокрого обогащения, марки ППс — сухого обог

Продолжение табл. 10

Горючая масса топлива (состав по элементам в %)						Характеристика золы	
сера на сухую массу $S^c_{об}$	выход летучих V^r	углерод C^r	водород H^r	азот N^r	кислород O^r	размягчение при t в град.	жидкоплавкое состояние при t в град.
3,8	60	66,5	6	0,8	21,6	1050	1130
5,5	57	64	5,2	0,8	21,7	1050	1150
2,1	53	67,5	5,5	11	19,6	1030	1070
0,6	60	65,4	5,9	0,8	28,2	1120	1310
1,5	38,5	80,5	5,2	1,3	11,5	1100	1210
1,2	40	80,5	5,9	1,7	9,8	>1500	>1500
3,5	43	77,5	5,8	1,5	12,8	>1500	>1500
1,3	49	67,5	5,7	1,3	22,8	>1290	>1400
1	37	81	5,2	1,2	11,4	1150—1300	1160—1325
2	90	73,5	9,4	0,3	11,7	1300—1500	1320—1500
1,5	90	73,5	9,4	0,3	12,1	1220—1500	1230—1500
4,3	80	61	7,5	1,2	16,8	1020—1170	1040—1180
4,7	80	61	7,7	1,1	17	1130—1275	1150—1290
4	80	61	7,5	1,8	17,9	—	—
0,3	70	57,8	6	2,5	33,4	900—1500	1010—1500
—	—	—	—	—	—	—	—
—	85	51	6,1	0,6	42,3	—	—

уточнению.

ристике основных видов топлива; эти величины могут значительно разниться по от-

установленные Госпланом и ЦСУ СССР и принятые для оперативной отчетности, ука-

следует принимать действующие переводные коэффициенты, установленные Министер-

щения.

Таблица 11

Теплотворная способность и переводные коэффициенты для некоторых видов твердого топлива

Вид топлива	Для плановых расчетов	
	рабочая теплотворная способность низшая $Q_н^р$ в *ккал/кг*	переводной коэффициент в условное топливо (7 000 *ккал/кг*)
Кокс	6 500	0,93
Коксик	5 520	0,79
Коксовая мелочь	4 900	0,7
Кокс торфяной	6 800	0,97
Уголь древесный	6 500	0,92
Торфобрикеты	4 500	0,64
Кислый гудрон	7 000	1
Солома	3 750	0,54*
Костра льняная	3 865	0,55*
Лузга подсолнечная	3 865	0,53*

* Эти переводные коэффициенты подлежат дальнейшему уточнению.

3. ГОРЮЧИЕ ГАЗЫ

Газообразное топливо является смесью горючих и негорючих газов с примесью водяных паров, смолы и пыли. Теплотворная способность газообразного топлива подсчитывается по формуле смещения

$$Q_н^с = 0{,}01\left[Q_{H_2}H_2 + Q_{CO}CO + Q_{H_2S}H_2S + \sum_1^n\left(Q_{C_mH_n}C_mH_n\right)\right] \text{ ккал/нм}^3.$$

Таблица 12

Характеристика газов, входящих в состав газообразного топлива

Название газа	Обозначение	Удельный вес сухого газа $\gamma^с$ в *кг/нм*³	Теплотворная способность $Q_н$ в *ккал/нм*³
Водород	H_2	0,09	2 579
Азот	N_2	1,251	—
Кислород	O_2	1,428	—
Окись углерода	CO	1,25	3 018
Углекислота	CO_2	1,964	—
Сернистый газ	SO_2	2,858	—
Сероводород	H_2S	1,52	5 585
Метан	CH_4	0,716	8 555
Этан	C_2H_6	1,342	15 226
Пропан	C_3H_8	1,967	21 796
Бутан	C_4H_{10}	2,593	28 338
Пентан	C_5H_{12}	3,218	34 890
Этилен	C_2H_4	1,251	14 107

Примечание. Все данные по газам относятся к нормальному кубическому метру (*нм*³) сухого газа (при давлении — 760 *мм* вод. ст. и 0°).

Таблица 13

Характеристика природных горючих газов

Месторождение газа	Удельный вес сухого газа γ^c в *кг/нм³*	Состав газа (в % объема сухого газа)								Низшая теплотворная способность сухого газа $Q_н^c$ в *ккал/м³*	Переводной коэффициент в условное топливо *Э*
		метан	этан	пропан	бутан	пентан	сероводород	углекислота	азот		
		CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}	H_2S	CO_2	N_2		
Башкирская АССР — Бугурусланское и др.	0,884	76,7	4,5	1,7	0,8	0,6	1,0	0,2	14,5	8 109	1,154
Дашавское	0,73	97,9	0,5	0,2	0,1	—	Следы	0,1	1,2	8 523	1,214
Мелитопольское	0,729	97,9	0,5	0,2	0,1	—	„	0,2	1,8	8 391	1,198
Шебелинское	0,79	89,9	3,1	0,9	0,4	—	„	0,3	5,2	8 472	1,21
Саратовское	0,765	94	1,2	0,7	0,4	0,2	„	0,2	3,3	8 533—8 560	1,218
Курдюмское	0,759	92,2	0,8	—	0,1	—	„	—	6,9	8 039	1,148
Ставропольское	0,73	98	0,4	0,2	—	—	„	0,1	1,3	8 489	1,212
Ухтинское	0,789	88	1,9	0,2	—	—	„	0,3	9,3	7 946	1,138
Среднее значение (для плановых расчетов)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8 400	1,20

Примечание. Теоретический расход воздуха для сжигания газа составляет от 8,9 до 9,5 *м³* на 1 *нм³* газа.

Таблица 14

Характеристика искусственных горючих газов

Наименование газа	Удельный вес сухого газа γ^c в *кг/нм³*	Состав газа (в % от объема)								Низшая теплотворная способность $Q_н^c$ в *ккал/нм³*	Переводной коэффициент в условное топливо ϑ
		водород H_2	метан CH_4	углеводороды C_mH_n	сероводород H_2S	углекислота CO_2	окись углерода CO	кислород O_2	азот N_2		
Генераторный (средние цифры)	1,122	13,5	2,3	0,3	0,3	5	26,5	0,2	51,9	1 100—1 600	0,157—0,23
Доменный	1,296	2,7	0,3	—	0,3	16,5	28	—	58,5	940	0,13
Коксовый	0,507	57	22,3	2,7	0,4	2,3	6,8	0,8	7,7	4 142	0,57
Газ подземной газификации:											
подмосковного угля	1,146	14,5	1,8	—	0,6	9,5	10	—	63,6	861	0,123
каменных углей	1,191	11,1	1,8	—	0,6	10,3	18,4	0,2	57,6	1 027	0,147
Газ переработки нефти (пиролизный)	0,996	14	41	43	—	0,5	0,8	—	0,2	11 332	1,618

Примечание. Температура воспламенения горючих газов составляет в среднем 500—750°. Теоретический средний расход воздуха для сжигания пиролизного газа составляет 12 *м³*, коксового — 4,3 *м³*, доменного — 2 *м³* и генераторного—1,3 *м³* на 1 *нм³* газа.

4. НЕФТЕТОПЛИВО

Общая характеристика нефтетоплива

Наименование топлива	Марка, сорт	Для плановых расчетов		Для теплотехнических расчетов						
				Состав топлива в % по весу						Теплотворная способность рабочая низшая $Q_н^р$ в *ккал/кг* (расчетная по данным ВТИ)
		теплотворная способность рабочая низшая $Q_н^р$ в *ккал/кг*	переводной коэффициент в условное топливо $Э$	углерод $C^г$	водород $H^г$	сера $S^г$	внутренний балласт = кислород + азот $O^г + N^г$	зольность $A^с$	влажность $W^р$	
Бензин . . .	Автомобильный	10 445	1,49	85	14,9	0,05	0,05	0	0	10 450
Керосин . .	Тракторный	10 260	1,465	86	13,7	0,2	0,1	0	0	10 260
Дизельное топливо . . .	В среднем	10 000	1,43	86,3	13,3	0,3	0,1	Следы		10 180
Соляровое масло . .	То же	10 110	1,444	86,5	12,8	0,3	0,4	0,02	Следы	10 110
Моторное топливо . . .	„	9 880	1,411	86,5	12,6	0,4	0,5	0,05	1,5	9 880
Мазут:										
малосернистый . . .	40	9 940	1,4	87,5	11,2	0,6	0,7	0,2	3	9 420
сернистый (1—4%) . .	40	9 660	1,38	85,3	11	0,5+2,7	0,5	0,3	3	9 280

Таблица 16

Физико-химические свойства горючего для карбюраторных двигателей

Показатели	Автобензин (по ГОСТ 2084-56)				Лигроин (по ГОСТ 2109-46)	Керосин тракторный (по ГОСТ 1842-52)	Бензол моторный каменноугольный (по ОСТ НКТП 3188)
	А-66	А-72	А-74	А-76			
Удельный вес D_4^{20}*	0,74—0,78	0,74—0,78	0,73—0,76	0,72—0,755	0,785—0,81	0,83—0,84	0,865—0,885 (при 15°)
Октановое число	66	72	74	76	54	40 и 45 (два сорта)	90*
Содержание ТЭС в *г* на 1 *кг* не более	0,82	Отсутствие		0,41	—	—	—
Фракционный состав:							
Начало кипения при *t*° не ниже	35	35	35	35	90—100	140—150	80
10% выкипает при *t*° не выше	79	75	70	75	12% при 150°	170—180	30% при 100°
50%—не выше	150	135	105	135	—	190	—
90%— » »	195	180	165	180	200	80% при 275°	150
Конец кипения при *t*° не выше	205	195	180	195	98% при 230°	98% при 300°	160
Остаток в колбе в % не более	1,5	1,5	1,5	1,5	—	0,005	1,5
Кислотность в *мг* КОН на 100 *мл* топлива не более	3	3	2	3	4	4,5	—
Содержание смолы в *мг* на 100 *мл* топлива не более	20	10	2	10	—	40	—
Температура застывания в град.*	—60—90	—60—90	—60—90	—60—90	—	—	—8—10
Содержание серы в % не более	0,15	0,15	0,1	0,15	—	1	0,3

* Показатели не нормируются, приведены средние данные.

Таблица 17

Физико-химические свойства моторного топлива для тихоходных стационарных дизельных и калоризаторных двигателей

Показатели	Соляровое масло (по ГОСТ 1666-51)	Моторное топливо (по ГОСТ 1667-51)		
		ДТ-1 ($М_3$)	ДТ-2 ($М_4$)	ДТ-3 ($М_5$)
До 250° перегоняется в % . .	—	До 15	До 15	До 15
Вязкость при 50°				
кинематическая в *сст* . .	5—9	36	55,3	66,6
условная в $ВУ_{50}$	До 1,76	До 5	До 7,5	До 9
Коксуемость в %	—	„ 3	„ 3,5	„ 4
То же, для моторного топлива Ухтинского завода . .	—	4	4	4
Зольность в % не более . . .	0,025	0,04	0,08	0,08
Содержание серы в % не более	0,2	0,5	0,5	0,5
То же, при выработке топлива из сернистых нефтей не более	—	2,5	2,5	2,5
Содержание механических примесей в % не более . .	Отсутствие	0,1	0,1	0,1
Содержание воды в % не более	Следы	1	1	1
Температура вспышки в закрытом сосуде в град. . . .	—	65	65	90
Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, в град. не ниже	125	—	—	—
Температура застывания в град. не выше	—20	—5	—5	+5

Примечания. 1. Застывание моторного топлива $М_5$ при сдаче летом допускается для грозненских сортов до +36° и для остальных до +15°.

2. Соляровое масло применяется для дизельных двигателей с числом оборотов более 500 в 1 мин.

3. Топливо моторная нефть ДТ-1 ($М_3$) предназначено для двигателей до 500 об/мин.

4. Тяжелые сорта моторных нефтей — $М_4$ и $М_5$, предназначенные для двигателей до 250 об/мин, требуют устройства для подогрева и очистки их перед подачей в двигатель.

5. Моторная нефть $М_5$ требует обязательно разогрева паром.

6. Температура топлива при сливе должна быть не менее: для $М_3$ — +20°; $М_4$ — +40°; $М_5$ — +50°.

7. Для подогрева применяется чаще всего острый пар с давлением не ниже 4 *ати*.

8. Перед поступлением в форсунки топливо должно быть подогрето до температуры не ниже 60—70°.

Таблица 18

Физико-химические свойства топлива для быстроходных дизельных двигателей (для ЯАЗ-204, ЯАЗ-206, Д-35, Д-54, КДМ-46, КДМ-100, Д-6, Д-12 и др.)

Показатели	Топливо дизельное автотракторное (по ГОСТ 305-58)	Топливо для быстроходных дизелей (по ГОСТ 4749-49, ВТУ 586-56)			
		Марка топлива			
		ДА	ДЗ	ДЛ	ДЗ*
Удельный вес	—	—	0,875	0,88	—
Цетановое число не менее . .	43	40	40	45	40
Фракционный состав					
10 % перегоняется при *t*° не ниже	—	200	200	—	140
50% не выше	300	255	275	290	250
85% „	350	—	—	—	—
90% „	—	300	335	350	300
96% „	—	330	—	—	—

Продолжение табл. 18

Показатели	Топливо дизельное автотракторное (по ГОСТ 305-58)	Топливо для быстроходных дизелей (по ГОСТ 4749-49, ВТУ 586-56)			
		Марка топлива			
		ДА	ДЗ	ДЛ	ДЗ*
Вязкость при 20°:					
кинематическая в *сст* . .	5—8,5	2,5—4	3,5—6	2,5—8	1,7
условная в град. $ВУ_{20}$ . .	1,4—1,7	1,15—1,3	1,25—1,45	1,25—1,7	—
Коксуемость в % не более . .	0,1	0,05	—	—	—
Зольность „ „ „	0,025	0,01	0,02	0,02	0,02
Кислотность в *мг* КОН на 100 *мл* топлива не более . .	10	5	5	5	5
Содержание серы в % не более	0,2	0,2	0,2	0,2	0,6
Температура вспышки (определяемая в закрытом сосуде) в град. не ниже	65	35	50	60	35
Температура застывания в град. не выше	—10**	—60	—45	—10	—35
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие				
Содержание механических примесей	„				
Содержание воды	„				
Проба на медную пластинку	Выдерживают				

* Улучшенное зимнее топливо по ВТУ 586-56.
** Для зимнего топлива не выше —35°.

Примечания. 1. Топливо для быстроходных дизелей ДА (арктическое) применяется при температуре воздуха ниже —30°, ДЗ (зимнее) — при температуре до —30°, а топливо ДЛ (летнее) — при температуре выше 0°.

2. Коксуемость топлива ДЗ, ДЛ для 10%-ного остатка не более 0,5%.

Таблица 19

Физико-химические свойства топлива для быстроходных форсированных дизельных двигателей (ЯАЗ-204, ЯАЗ-206, В2-300, Д-6, Д-12 и др.)

Показатели	Марка топлива		
	Т-1 (по ГОСТ 4138-49)	ТС-1 (по ГОСТ 7149-54)	Т-2 (по ГОСТ 8410-57)
Удельный вес D_4^{20}	0,8—0,85	0,775	0,775
Фракционный состав			
Начало кипения при *t*° не выше	150	150	60
10% выкипает при *t*° не выше	175	165	145
50%—не выше	225	195	195
90% „ „	270	230	250
98% „ „	280	250	280
Вязкость кинематическая в *сст:*			
при +20° не менее	1,5	1,25	1,05
„ 0° не более	4	2,5	—
„ —40° „ „	16	8	6
Кислотность в *мг* КОН на 100 *мл* топлива не более	1	1	1
Температура вспышки в закрытом сосуде в град. не ниже	30	28	—
Температура начала застывания (кристаллизации) в град. не выше	—60	—60	—60
Содержание смолы в *мг* на 100 *мл* топлива не более	11	10	10
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие		
Содержание серы в % не более	0,1	0,25	0,25
Содержание механических примесей и воды . .	Отсутствие		
Зольность в %	0,005	0,005	0,005
Испытание на медную пластинку	Выдерживают		

II. СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Смазочные масла делятся на следующие группы: 1) индустриальные; 2) автотракторные и дизельные; 3) авиационные; 4) для паровых машин; 5) осевые; 6) турбинные и компрессорные; 7) специального назначения.

Индустриальные охватывают группу масел с условной вязкостью $ВУ_{50}$ от 1,3 до $ВУ_{100}$ — не менее 3.

Они предназначены для смазывания станков и механизмов, работающих при нормальной температуре окружающей среды.

Автотракторные и дизельные включают масла с вязкостью $ВУ_{50}$ от 3,5 до 17,5.

Авиационные с вязкостью $ВУ_{100}$ от 2,25 до 3,15 предназначаются для смазки горячих узлов двигателей внутреннего сгорания.

Масла для паровых машин или цилиндровые с вязкостью $ВУ_{100}$ от 3 до 7,5 применяются для смазки системы парораспределения, цилиндров, золотников, сальников стационарных поршневых паровых машин, паровых машин локомобилей и паровозов.

Осевые масла с вязкостью $ВУ_{50}$ от 2 до 25 применяются для смазки осей подвижного железнодорожного состава. Для грубых механизмов и других производственных целей употребляются гудроны.

Турбинные, компрессорные и масла специального назначения изготовляются различных сортов и свойств в зависимости от области их применения.

При выборе сорта смазочных масел для механизмов, работающих без принудительного давления в системе смазки, ориентировочно принимаются следующие соотношения между вязкостью масла, удельным давлением и скоростью движения деталей в узлах смазки (табл. 20).

Таблица 20

Соотношение удельного давления и условной вязкости

Удельное давление в *кг/см²*	Скорость в *м/мин*	Условная вязкость масла при 50° ($ВУ_{50}$)
До 5	До 20	1,5—2,8
5	20—30	1,5—2,8
5	30—50	1,3—1,4
5—65	До 20	5,5—6,5
5—65	20—30	4—4,5
5—65	30—50	2,5—4
65—150	До 20	8—12
65—150	20—30	6,5—8,5
65—150	30—50	4—6,5

2. ХАРАКТЕРИСТИКА СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ

Таблица 21

Физико-химические свойства индустриальных масел

Показатели	Легкие			Средние и тяжелые						
	сепараторное (по ГОСТ 176-50)		вазелиновое (по ГОСТ 1840-51)	веретенные (по ГОСТ 1707-51)		веретенные (по ГОСТ 2854-51)	машинные (по ГОСТ 1707-51)			машинные (по ГОСТ 2854-51)
	Марка									
	Л	Т	Т	12 (№ 2)	20 (№ 3)	20В (№ 3В)	30 (Л)	45 (С)	50 (СУ)	45В (СВ)
Вязкость при 50°:										
кинематическая в *сст*	6—10	14—17	5,1—8,5	10—14	17—23	17—23	27—33	38—53	42—57	38—52
условная в град. *ВУ* не более	1,48—1,86	2,26—2,6	1,4—1,72	1,86—2,26	2,6—3,31	2,6—3,31	4,81—4,59	5,24—7,07	5,76—7,86	5,24—7,07
Температура вспышки:										
в открытом тигле в град. не ниже	135	165	—	165	170	170	180	190	200	180
„ закрытом „ „ „	—	—	125	125	125	125				
Температура застывания в град. не выше	+5	+5	−20	−30	−20	−15	125 −15	125 −10	125 −20	125 −8
Кислотность в *мг* КОН на 1 *г* масла не более	0,35	0,35	0,04	0,14	0,14	0,14	0,2	0,35	0,15	0,35
Зольность в % не более	—	—	0,005	0,007	0,007	—	0,007	0,007	0,005	—
Коксуемость в % не более	Отсутствие						0,3	0,3	0,2	—
Содержание механических примесей в % не более							0,007	0,007	0,007	0,007
Содержание воды в % не более										
Содержание водорастворимых щелочей и кислот										

Примечание. Легкие индустриальные масла предназначаются для высокоскоростных механизмов с малой нагрузкой, средние и тяжелые—общего назначения; индустриальные марки 50 (СУ—лубрикетинг) в отдельных случаях могут заменять дизельные масла; из сернистых нефтей вырабатываются: по ВТУ 530-54 среднее индустриальное, аналогичное маслу 20В, и по ВТУ 536-55 тяжелое индустриальное, аналогичное маслу 45 (С).

Таблица 22

Физико-химические свойства автотракторных масел

Показатели	Автолы сернокислотной очистки (по ГОСТ 1862-57)				Автолы селективной очистки (общего назначения) (по ГОСТ 5303-50)				Масло трансмиссионное автотракторное (нигрол) (по ГОСТ 542-50)	
	Марка									
	$АКЗ_{п}$-6	$АКЗ_{п}$-10	АК-10 (№ 10)	АК-15 (№ 18)	АС-5	$АК_{п}$-5	$АС_{п}$-9,5	$АК_{п}$-9,5	летнее	зимнее
Вязкость при 100°:										
кинематическая *сст* не менее	6	10	10	15	5	5	9,5	9,5	—	—
условная в град. *ВУ* не менее	1,4	1,8	1,8	2,3	1,39	1,39	1,65	1,65	4—4,5	2,7—3,2
Вязкость при 0° кинематическая в *сст* не более	550	1 100	—	—	—	—	—	—	—	—
Температура вспышки в открытом тигле в град. не ниже	170	170	200	215	170	170	210	210	180	170
Температура застывания в град. не выше	—40	—40	—25	—5	—30	—30	—20	—20	—5	—20
Коксуемость в % не более	0,15	0,15	0,4	0,7	0,15	0,15	0,3	0,3	—	—
Кислотность в *мг* КОН на 1 *г* масла не более	0,1	0,1	0,25	0,35	0,2	0,2	0,4	0,4	—	—
То же, с присадкой	2,8	2,8	—	—	3	3	3	3	—	—
Зольность в % не более	0,01	0,02	0,02	0,025	0,4	0,4	0,4	0,4	—	—
Содержание механических примесей в % не более	Следы				0,025	0,025	0,025	0,025	—	—

Примечания. 1. Автолы с присадкой содержат до 3% присадки АЗНИИ-4 или ЦИАТИМ-331, могут содержать также до 0,5% депрессорной присадки.

2. Автолы $АКЗ_{п}$-6 предназначены для северных районов, $АКЗ_{п}$-10 — всесезонное масло для карбюраторных двигателей, АК-10 и АК-15 — тракторные зимние и летние, АС-5 и $АК_{п}$-5 — зимние и $АС_{п}$-9,5 и $АК_{п}$-9,5 — летние автолы общего назначения для автодвигателей.

3. Для двигателей ЗИЛ-110 выпускается автол (по ГОСТ 3829-51) с присадкой 3% ЦИАТИМ-330 (макс.).

4. Для тяжелых грузовых автомашин изготовляется трансмиссионное масло (по ВТУ 401-51).

5. Трансмиссионное зимнее масло (по ГОСТ 542-50) применяется также для смазки паровых насосов и взамен цилиндрового № 24 (вискозина) для паровых машин.

Таблица 23

Физико-химические свойства дизельных масел

Показатели	Марки дизельных масел (по ГОСТ 5304-54)				(по ГОСТ 6360-53) МТ-16$_п$	(по ТУ 500-54)
	Д$_п$-8	Д-11	Д$_п$-11	Д$_п$-14		
Вязкость кинематическая: при 100° в *сст* не менее . .	8--9	10,5—12,5	10,5—12,5	13,5—15,5	16—17,5	16,5
Отношение кинематической вязкости при 50° к вязкости при 100° не более	6	7,3	6,5	7,75	7	7,85
Кислотное число в *мг* КОН на 1 *г* масла:						
без присадки не б лее . .	—	0,15	—	—	0,2	0,2
с присадкой ЦИА ИМ-339	0,1	—	0,1	0,1	—	—
„ АЗНИИ-1 . .	0,15	—	0,2	0,22	—	—
Температура вспышки в открытом тигле в град. не ниже	200	200	190	210	200	210
Температура застывания в град. не выше	—25	—18	—15	—10	—25	—10
Коксуемость без присадки в %	0,2	0,4	0,4	0,55	0,45	—
Содержание водорастворимых щелочей и кислот без присадки	Отсутствие					
Содержание влаги в % не более	Следы	Отсутствие		Следы	Отсутствие	
Зольность без присадки в % .	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,006
Содержание механических примесей в %	Отсутствие					
Коррозийность (по Пинкевичу) в *г/м*^{2} не более:						
с присадкой ЦИАТИМ-339	13	13	13	13	—	—
„ „ АЗНИИ-1 . .	8	8	8	8	8	8

Примечания. 1. Масла Д$_п$-8 — зимние; Д$_п$-11 и Д$_п$-14 — летние для автотракторных двигателей; Д-11 для дизелей с подшипниками из некорродирующих сплавов; МТ-16$_п$—зимнее, а по ТУ 500-54 летнее масло для форсированных быстроходных дизелей типов В2-300, Д-6, Д-12 и аналогичных.

2. Для дизельных двигателей (КДМ-46, КДМ-100, Д-54, Д-35 и др.), кроме приведенных основных масел, вырабатываются летние сорта масла: селективные по ТУ 505-54, деасфальтированные по ТУ 486-53, компаундированные по ВТУ 527-54 и ТУ 576-55.

Таблица 24

Физико-химические свойства авиационных и моторных масел

Показатели	Авиационные масла (по ГОСТ 1013-49)				Моторные масла (по ГОСТ 1519-42)	
	МК-22	МС-20	МС-14 (б.МЗС)	МС-24 (б.МК)	М	Т
Удельный вес D_4^{20}	0,905	0,895	0,89	0,9	—	—
Вязкость при 50°:						
кинематическая в *сст* не более . .	—	—	—	—	45—50	62—68
условная в град. *ВУ* не более . .	—	—	—	—	6—6,5	8,4—9,2
Вязкость при 100°:						
кинематическая в *сст* не менее .	22	20	14	24	—	—
условная в град. *ВУ* не менее .	3,15	2,9	2,25	3,15	—	—

Продолжение табл. 24

Показатели	Авиационные масла (по ГОСТ 1013-49)				Моторные масла (по ГОСТ 1519-42)	
	МК-22	МС-20	МС-14 (б.МЗС)	МС-24 (б.МК)	М	Т
Отношение вязкости при 50° к вязкости при 100° не более	8,75	7,85	6,55	8	—	—
Температура вспышки в град.:						
в открытом тигле не ниже	—	—	—	—	195	205
„ закрытом „ „ „	230	225	200	240	—	—
Температура застывания в град.	—14	—18	—30	—17	0	0
Кислотность в *мг* КОН на 1 *г* масла не более	0,1	0,05	0,25	0,05	—	—
Окисляемость в % не более	0,7	0,3	0,45	0,3	0,3	0,4
Зольность в % не более	0,004	0,003	0,003	0,003	0,02	0,04
Содержание механических примесей в %	Отсутствие				0,007	0,007
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	„				Отсутствие	
Содержание воды в % не более	„				„	

Примечания. 1. Авиационные масла используются в энергетических установках для смазки высокооборотных и форсированных дизельных двигателей, подшипники которых выполнены из свинцовистой бронзы или других легко корродирующих антифрикционных сплавов; давление в системе смазки должно поддерживаться в пределах 3—9 *кг/см²*. Масла марок МС-24, МК-22 и МС-20 ввиду их значительной вязкости применять для двигателей КДМ-46 КДМ-100, Д-54, Д-35 не рекомендуется без разбавления другим устойчивым маслом (веретенным, турбинным № 22) до соответствующей вязкости. Масло МС-14 может применяться без разбавления.

2. Моторные масла предназначены для стационарных дизельных двигателей с числом оборотов до 500 об/мин.

Таблица 25

Физико-химические свойства масел для паровых машин

Показатели	Для насыщенного пара		Для перегретого пара			
	до 5 *ати*	до 16 *ати*	до 300°	до 350°		до 400° и выше (по ВТУ 526-54)
	(по ГОСТ 1841-51)		(по ТУ 572-55)	(по ГОСТ 6411-52)		
	цилиндровые № 11 (б.№2)	цилиндровые № 24 (б. вискозин)	цилиндровые № 6	цилиндровые № 38 (б. № 6)	цилиндровые № 52 (б. вапор)	вапор деасфальтированный
Вязкость при 100°:						
кинематическая в *сст*	9—13	20—28	44—56	32—44	44—59	60—70
условная в град. *ВУ*	1,8—2,2	3—4	—	4,5—6	6—8	—
Температура вспышки в открытом тигле в град. не ниже	215	240	325	300	310	300
Температура застывания в град. не выше	+5	—	+17	+17	+5	+30
Кислотное число в *мг* КОН на 1 *г* масла не более	0,3	—	—	—	—	—
Коксуемость в % не более	0,8	2,5	3	3	3	2,5
Зольность в % не более	0,03	0,05	0,02	0,015	0,01	0,01
Содержание механических примесей в % не более	0,007	0,1	0,01	—	0,007	0,002
Содержание воды в % не более	—	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие					

Примечание. Масло по ВТУ 526-54 выпускается для применения взамен вапорного гудрона.

Таблица 26

Физико-химические свойства основных осевых масел и гудронов

Показатели	Осевые масла (по ГОСТ 610-48)			Полугудроны (по ГОСТ 4105-48)	Гудроны масляные (по ГОСТ 783-53)	
	Л (летнее)	З (зимнее)	С (северное)		Л	Т
Удельный вес D_4^{20}	—	—	—	0,926—0,936	—	—
Вязкость при 50°:						
кинематическая в *сст*	36—52	20—35	12—14	—	—	—
условная в град. *ВУ*	5—7	3—3,5	2—2,2	18—25	—	—
Вязкость при 100° условная в град. *ВУ*	—	—	—	—	18—30	30—45
Температура вспышки в открытом тигле в град. не ниже	135	130	125	140	250	260
Температура застывания в град. не выше	—15	—40	—50; —55	—	—	—
Содержание воды в % не более	0,4	0,3	0,1	0,5	0,5	0,5
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие					
Содержание механических примесей в % не более	0,07	0,05	0,04	0,1	0,3	0,3

Примечание. Осевые масла и гудроны являются неочищенными нефтяными остатками различной вязкости. Масло марки С изготовляется из беспарафинистых нефтей.

Таблица 27

Физико-химические свойства турбинных и компрессорных масел

Показатели	Турбинные масла (по ГОСТ 32-53)			Компрессорные масла (по ГОСТ 1861-54)	
	№ 22п (б. Л.)	№ 22 (б. Л)	№ 30 (б. УТ)	№ 12 (б. М)	№ 19 (б. Т)
Удельный вес D_4^{20}	—	—	—	0,895—0,91	0,895—0,91
Вязкость при 50°:					
кинематическая в *сст*	20—23	20—23	28—32	11—14	17—21
условная в град. *ВУ*	2,9—3,3	2,9—3,3	4—4,5	1,9—2,2	2,5—3
Температура вспышки в град.:					
в открытом тигле не ниже	180	180	180—190	216	240
„ закрытом „ „	—	—	—	—	—
Температура застывания в град.	—15	—15	—10	—	—
Прозрачность при +5°	Прозрачное		—	—	—
Кислотное число в *мг* КОН на 1 *г* масла не более	0,02	0,02	0,02	0,15	0,1

Продолжение табл. 27

Показатели	Турбинные масла (по ГОСТ 32-53)			Компрессорные масла (по ГОСТ 1861-54)	
	№ 22 п (б. Л)	№ 22 (б. Л)	№ 30 (б. УТ)	№ 12 (б. М)	№ 19 (б. Т)
Зольность в % не более . . .	0,005	0,005	0,005	0,015	0,01
Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие				
Содержание механических примесей в % не более . .	Отсутствие			0,007	0,007
Стабильность:					
содержание осадка после окисления в % не более	0,05	0,1	0,1	—	—
кислотное число после окисления не более	0,2	0,35	0,35	—	—

Примечания. 1. Турбинные масла № 22 (б. Л) предназначены для турбин 3 000 об/мин и выше, а масло № 30 — для машин — до 3 000 об/мин. Кроме того, выпускаются масла № 46 и 57 (б. Т и ТР) для судовых турбин. Данные в табл. 27 относятся к свежему турбинному маслу.

2. Компрессорные масла применяются: для работы до 40 *ати* № 12 (б. М) и для работы до 180 *ати* № 19 (б. Т).

1) Консистентные (универсальные) смазки

Консистентные смазки, употребляемые в промышленности, относятся к группе универсальных смазок.

Универсальные смазки применяются для смазки подшипников качения, в том числе:

солидол Л — для подшипников в условиях легких нагрузок при средних скоростях и температуре не выше 50°;

солидол Т — для подшипников с большими нагрузками и средними скоростями при температуре не выше 70°;

конталин — для подшипников при тяжелых нагрузках, высоких скоростях и температуре выше 60°;

вазелины технические — для подшипников с легкой нагрузкой при температуре не выше 30°;

солидолы синтетические: УС-С1 — для смазки под давлением при температуре не выше +50°;

УС-С2 — для малых и средних нагрузок и средних скоростей при температуре не выше +60°;

УС-С3 — для средних и выше средних нагрузок и скоростей при температуре выше 60°;

смазка 1-13 — для шарикоподшипников и других узлов трения при средних и выше средних нагрузках и температурах до 115° или при повышенной влажности.

Универсальные консистентные смазки применяют и как антикоррозийные для защиты металлических деталей и узлов машин.

Для смазки рабочих (шлифованных, полированных и др.) поверхностей машин и механизмов применяется вазелин. Применять для этого солидолы не рекомендуется, так как в солидоле имеется влага до 3%, что может вызвать коррозию.

Таблица 28

Физико-химические свойства универсальных консистентных смазок

Показатели	Солидолы						Консталины				Вазелин технический (по ГОСТ 782-53) (УН-2)	Смазка 1-13 (по ГОСТ 1631-52) (УТВ)
	жировые (по ГОСТ 1033-51)			синтетические (по ГОСТ 4366-56)			жировые (по ГОСТ 1957-52)		синтетические (по ГОСТ 5703-51)			
	Л (УС-2)	Т (УС-3	пресс-солидол (УС-1)	УС-С1	УС-С2	УС-автомобильная	УТ-1 (б. консталин)	УТ-2 (б. калипсолин № 6)	$УТ_С$-1	$УТ_С$-2		
Цвет смазки	От светло-желтого до коричневого						От светло-желтого до темно-коричневого		Темно-коричневый		От светло-желтого до темно-коричневого	
Характеристика мыла	Кальциевые мыла жировые			Кальциевые мыла синтетических кислот			Натриевые мыла жировые		Натриевые мыла синтетических кислот		Минеральное мыло	Натриево-кальциевые соли касторового масла
Процент содержания мыла в смазке	11	18	9	9	12	15	17	17	14	16	—	23
Температура каплепадения в град. не ниже	75	90	75	75	75	80	130	150	130	150	54	120
Пенетрация при 25° не ниже	230—290	150—220	330—355	330—335	270—330	220—270	225—275	200—250	—	—	Вязкость в град. $ВУ_{50}$ не ниже 30	250—290

Продолжение табл. 28

Показатели	Солидолы						Консталины				Вазелин технический (по ГОСТ 782-53) (УН-2)	Смазка 1-13 (по ГОСТ 1631-52) (УТВ)
	жировые (по ГОСТ 1033-51)			синтетические (по ГОСТ 4366-56)			жировые (по ГОСТ 1957-52)		синтетические (по ГОСТ 5703-51)			
	Л (УС-2)	Т (УС-3)	пресс-солидол (УС-1)	УС-С1	УС-С2	УС автомобильная	УТ-1 (б. консталин)	УТ-2 (б. калипсолин № 6)	$УТ_с$-1	$УТ_с$-2		
Содержание воды в % не более	2	3	1,5	3	3	3	0,5	0,5	0,5	0,5	Отсутствие	0,75
Содержание золы в % не более	Отсутствие						4	4,5	4	4	0,7	—
Содержание свободной щелочи в % не более	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	Отсутствие	0,2
Содержание свободной кислотности	Отсутствие											
Содержание механических примесей в % не более	0,4	0,6	0,3	0,4	0,5	0,5	Отсутствие				0,03	—
Вязкость минерального масла, входящего в состав смазки при 50°, в *сст*	17—40	27—52	38—52	17—52	17—52	17—52	19—45	19—53	19—45	19—53	2,5	3,5—4
											В град. $ВУ_{50}$	

Примечание. Из числа морозостойких смазок промышленность выпускает также смазку ГОИ-54 или УНВМ (по ГОСТ 3276-54) и смазку ЦИАТИМ-201 (взамен смазки КВ, прекращенной выпуском).

Таблица 29

Физико-химические свойства смазки для простых механизмов и такелажа

Показатели	Графитная мазь (по ГОСТ 3333-55)	Колесная мазь (по ГОСТ 3146-53)	Канатная мазь (по ГОСТ 5 570-50)
	УСА	УС	ИК
Цвет мази	Черный	Темный	От коричневого до черного
Температура каплепадения в град. не ниже	77	90	40
Содержание золы в % не более	—	10	—
Содержание воды в % не более	3	—	—
Реакция	Слабо щелочная		Нейтральная
Вязкость при 100° в град. *ВУ*	—	—	1,4—2,5
Содержание свободных кислот	Отсутствие		

Примечание. Отработанные масла должны собираться и сдаваться насклады для очистки, регенерации и дальнейшего их использования.

3. РЕГЕНЕРАЦИЯ МАСЕЛ

В строительных организациях наиболее распространенной схемой является схема регенерации масел контактным методом на регенерационных установках треста Реготмас (табл. 30). Эта схема позволяет полностью очистить масло от механических примесей, значительно снизить его кислотность и содержание смолистых веществ. Очистке может быть подвергнуто масло с механическими примесями в количестве не более 2,5%. Масло с бóльшим содержанием механических примесей бракуется.

Таблица 30

Техническая характеристика маслорегенерационных установок малой производительности (выпускаются трестом Реготмас)

Показатели	Установки для регенерации масел с горячих машин—двигателей внутреннего сгорания и др.				Установки для регенерации индустриальных масел с холодных машин, станков и др.	
	ВИМЭ-2	РМ-30	„Сельхоз"	М-У	„Цехфильтр"	ПЦФ
Цикл работы	Непрерывный				Периодический	
Производительность в *л/час*	16—22	20—40	35—60	4	30	50—60

Продолжение табл. 30

Показатели	Установки для регенерации масел с горячих машин—двигателей внутреннего сгорания и др.				Установки для регенерации индустриальных масел с холодных машин, станков и др.	
	ВИМЭ-2	РМ-30	„Сельхоз"	М-У	„Цехфильтр"	ПЦФ
Тип фильтра	Рамочный чугунный фильтр-пресс с отбеливающей землей			Рамочный алюминиевый фильтр	Рамочный чугунный пресс с ротационным насосом и с рабочим давлением 5 *кг/см²*	Рамочный алюминиевый пресс
Поверхность фильтра в *м²*	1	1	1	0,5	1	2
Способ нагрева масла	Электроподогрев в ванне	Подогрев ванны трубчатой печью на жидком топливе		Электроподогрев в ванне	Подогрев паром от сети до 90°	Электроподогрев в ванне
Мощность электропривода маслонасоса в *квт*	0,52	0,52	0,52	0,25	0,52	0,65
Расход фильтровальной бумаги в *м²/т*	0,4	0,4	0,4	0,2	0,4	0,4
Расход отбеливающей земли в *кг/т*	70	70	70	35	70	—
Расход электроэнергии на подогрев ванны в *квт-ч*	5—6	Расход топлива в *кг/час* 1	2—3	2	—	2,5
Габариты в *мм*:						
длина	1 200	1 200	3 000	655	1 100	—
ширина	900	900	2 000	630	900	—
высота	1 700	1 700	3 000	1 055	1 200	—
Вес в *кг*	524	552	1 790	100	322	—
Способ монтажа	В общем каркасе		На автомашине ЗИС-5	В общем каркасе		Передвижная на одноосном прицепе

III. ХРАНЕНИЕ ТОПЛИВА И ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1. ХРАНЕНИЕ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

Каменноугольное топливо при длительном хранении без соблюдения соответствующих правил выветривается и превращается в штыб (угольная мелочь с золой). Самонагревание топлива под действием кислорода воздуха ведет к снижению $Q_н^р$, уменьшает содержание летучих веществ и повышает содержание балласта.

Для предотвращения самонагревания и самовозгорания угля в штабелях не допускается устройство каких-либо вентиляционных каналов и вытяжных труб, ограничивается высота штабелей, производится послойное (при толщине слоя 0,5—1,0 *м*) уплотнение угля катками (с целью воспрепятствовать проникновению воздуха в штабель), а также трамбовка вибраторами боковых поверхностей штабеля. Ведется регулярный контроль за температурой угля в штабелях.

Хранение угля с температурой в штабеле +60° и выше недопустимо; в этом случае должны быть приняты меры к охлаждению угля путем многократного его уплотнения или изъятия разогревшегося угля из штабеля и расходования его в первую очередь.

Применение асфальта или дерева для покрытия площадок под уголь не разрешается.

Таблица 31

Допустимые размеры штабелей и рекомендуемые сроки хранения углей и торфа

Характеристика топлива (по подверженности к окислению и самовозгоранию)	Наибольшие допустимые размеры штабелей в *м*				Рекомендуемые сроки хранения	Сроки проверки температуры топлива в штабеле
	высота		ширина			
	на механизированных складах	на немеханизированных складах	на механизированных складах	на немеханизированных складах		
Группа I						
Устойчивое топливо						
1) Антрациты всех сортов . .	Не ограничиваются				До 2 лет	Два раза в месяц
2) Тощие каменные угли марки Т						То же
3) Торф кусковой	8	5	3—10	3—10	До 12 месяцев	
Группа II						
Неустойчивое топливо						
1) Бурые угли всех марок . .	4*	2,5	Не ограничивается	20	До 6—8 месяцев	Один раз в 3 дня; для бурых среднеазиатских углей ежедневно
2) Каменные угли, кроме углей марки Т						
3) Смеси различных углей . .						
4) Торф фрезерный	8	5	3—10	3—10	До 12 месяцев	

*При хранении свыше 2 месяцев; при хранении менее этого срока высота не ограничивается.

Примечание. Таблица составлена в соответствии с „Противопожарными нормами проектирования складов угля" (Н 104-52), утвержденными Государственным комитетом по строительству 14/V 1952 г. и инструкцией Госпожнадзора.

Длина штабелей нормами не ограничивается.

Расстояние между подошвами смежных штабелей угля должно быть не менее 1 *м* при высоте штабелей до 3 *м* и не менее 2 *м* при большей высоте штабелей; разрыв между штабелями угля и жилым или хозяйственным зданием — не менее 10 *м*.

Расстояние от подошвы штабеля угля до головки рельсов железнодорожного пути или бровки автогужевой дороги должно быть не менее 1,5 *м*.

Противопожарные разрывы между зданиями или сооружениями и открытыми наземными расходными складами твердого топлива в соответствии с «Противопожарными нормами строительного проектирования» (Н 102-54) должны назначаться не ниже указанных в табл. 32.

Таблица 32

Допускаемые расстояния между зданиями или сооружениями и надземными открытыми расходными складами твердого топлива

Наименование открытого расходного склада	Емкость склада	Разрыв в *м* от места хранения до здания или сооружения при степени огнестойкости		
		I и II	III	IV и V
Склад каменного угля	От 5 000 до 100 000 *т*	12	14	16
	„ 500 „ 5 000 „	8	10	14
	Менее 500 *т*	6	8	12
Склад торфа:				
кускового	От 1 000 до 10 000 *т*	24	30	36
	Менее 1 000 *т*	20	24	30
фрезерного	От 1 000 до 5 000 *т*	36	40	50
	Менее 1 000 *т*	30	36	40
Склад лесоматериалов или дров . . .	От 1 000 до 10 000 *м*³	18	24	30
	Менее 1 000 *м*³	12	16	20
Склад опилок, щепы и других видов легковозгорающегося топлива . . .	От 1 000 до 5 000 *м*³	30	36	40
	Менее 1 000 *м*³	24	30	36

Примечания. 1. Для складов дров и самовозгорающегося угля при высоте штабеля более 2,5 *м* разрывы между складами и зданиями IV и V степеней огнестойкости увеличиваются на 25%.

2. Расходные склады торфа и дров должны размещаться не ближе 50 *м* от газовых емкостей (газгольдеров и пр.), а склады каменного угля — не ближе 30 *м*.

2. ХРАНЕНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ

1) Правила хранения нефтепродуктов

Основные потери жидких нефтепродуктов происходят от их испарения, утечки, попадания в них грязи и влаги. Уменьшение потерь от испарения достигается соответствующим устройством хранилищ и применением подземных металлических резервуаров. При применении наземных емкостей их покрывают теплоизолирующим покрытием и окрашивают белой или алюминиевой краской.

Для уменьшения попадания грязи и влаги в нефтепродукты прием, слив и выдача их должны производиться по трубопроводам при помощи специальных насосов. Слив в один резервуар разных сортов горючего или масел недопустим.

Деревянные бочки перед заливом в них масел должны промываться раствором извести (1 часть гашеной извести на 30—40 частей горячей воды) и просушиваться.

Дизельные топлива для быстроходных двигателей перед выдачей должны отстаиваться на расходных складах в течение 8—10 суток, поэтому склад должен иметь не менее двух расходных резервуаров. Примерная схема включения расходных емкостей приведена на рис. 2 и 3.

Заправку машины горючим необходимо производить, как правило, через бензоколонки, а выдачу масел из баков — через краны.

Особого надзора и тщательного хранения требуют бензолы и этилированные бензины, в том числе марок А-66 и А-76. При хранении и отпуске их должны соблюдаться специальные санитарные правила, утвержденные Госсанинспекцией.

Этилированные бензины в присутствии влаги способствуют коррозии металлических емкостей, поэтому эти бензины можно заливать только в сухие цистерны и бочки, а возможность попадания влаги в цистерны или резервуары должна быть исключена.

Сроки хранения нефтепродуктов устанавливаются в зависимости от их сорта и качества. Этилированные бензины хранятся в наземных емкостях не более 6 месяцев, а в подземных — до 1 года. Часть нефтепродуктов — мазуты, моторное топливо $М_4$ и $М_5$, масла с высокой вязкостью — перед сливом и перекачиванием необходимо предварительно подогревать до 50—70°. Мазут и моторные топлива могут подогреваться острым паром, вводимым непосредственно в цистерну с топливом.

Подогрев масел может производиться только специальными электронагревателями или паром при помощи паровых змеевиков. Подогрев острым паром недопустим.

Склады нефтепродуктов предприятий и строек, предназначенные для удовлетворения только их производственных нужд, относятся ко второму разряду складов; в таких складах допускается хранение следующих количеств нефтепродуктов (в *т*):

Наименование нефтепродуктов	В резервуарах		В таре
	подземных	полуподземных и наземных	
Легковоспламеняющиеся жидкости . .	1 000	500	100
Горючие жидкости	5 000	2 500	500

При смешанном хранении емкость склада не должна превышать количеств, указанных для подземных резервуаров.

Склады должны располагаться от автогужевых дорог, строек или предприятий на расстоянии не менее 10 *м*, а от железнодорожных путей общего пользования — 50 *м*.

2) Учет нефтепродуктов

Для возможности замера нефтепродуктов в емкостях последние должны быть снабжены калибровочными таблицами и градуированными рейками в соответствии с паспортом емкости. Периодически (не реже 1 раза в месяц) следует производить инвентаризацию нефтепродуктов и определять их удельный вес (в емкостях). Объемы емкостей

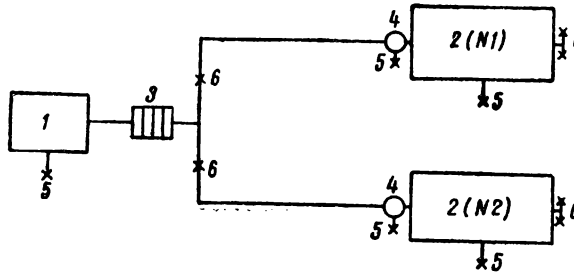


Рис. 2. Схема установки отстойных резервуаров на расходных складах

1 — приемная цистерна емкостью до 3 *м*³; *2* — отстойные резервуары емкостью 5—25 *м*³; *3* — центробежный насос; *4*— фильтр грубой очистки топлива; *5* — спускные краны; *6* — краны (вентили) отпуска топлива

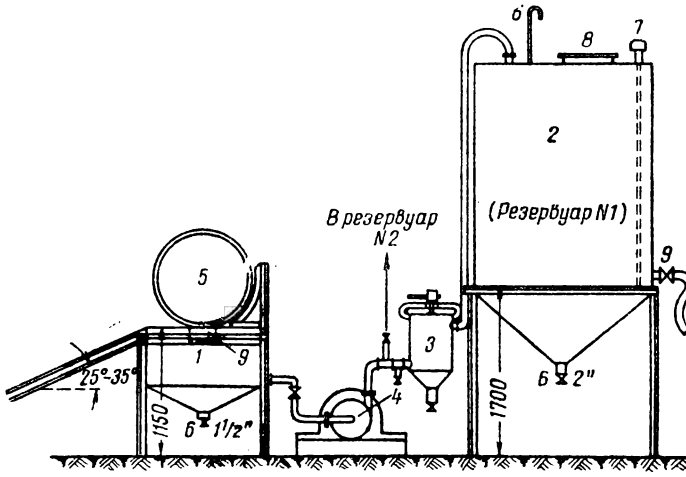


Рис. 3. Принципиальная схема размещения отстойных резервуаров на расходных складах

1 — приемный бак; *2* — отстойный (он же расходный) резервуар; *3* — фильтр; *4* — центробежный насос; *5* — бочка с дизельным топливом (подача ее для слива); *6* — воздушная труба; *7* — реечный указатель уровня; *8* — люк; *9* — сетчатый фильтр приемного бака

устанавливаются по калибровочным таблицам или вычисляются в соответствии с геометрической формой резервуара. Количество нефтепродуктов в емкостях определяется умножением объема на удельный вес при температуре в момент замера; нефтепродукты в таре (бочке, бидоне и пр.) взвешиваются на весах.

3) Определение удельного веса нефтепродуктов

При градуировании мер и измерительных приборов принимается нормальная температура +20°, при которой приборы дают правильные показания.

Если определение удельного веса нефтепродуктов производится при какой-либо другой температуре, то вводится поправка по формуле

$$d_4^{20} = d_4^t + \gamma\,(t + 20),$$

где d_4^t — удельный вес продукта, определенный при температуре $t°$;
γ — средняя температурная поправка плотности (табл. 33) для соответствующего удельного веса, равная произведению плотности при данной температуре на средний коэффициент термического расширения.

Таблица 33

Температурные поправки удельного веса нефтепродуктов на 1°

Удельный вес	Для ареометров градуированных		Удельный вес	Для ареометров градуированных	
	при 15°	при 20°		при 15°	при 20°
0,7 —0,71	0,0051	0,000897	0,82—0,83	0,0044	0,000738
0,71—0,72	0,005	0,000864	0,83—0,84	0,0044	0,000725
0,72—0,73	0,005	0,00087	0,84—0,85	0,0043	0,000712
0,73—0,74	0,0049	0,000857	0,85—0,86	0,0042	0,000699
0,74—0,75	0,0049	0,000844	0,86—0,87	0,0042	0,000686
0,75—0,76	0,0048	0,000831	0,87—0,88	0,0041	0,000673
0,76—0,77	0,0048	0,000818	0,88—0,89	0,0041	0,00066
0,77—0,78	0,0047	0,000805	0,89—0,9	0,004	0,000647
0,78—0,79	0,0046	0,000792	0,9 —0,91	0,004	0,000633
0,79—0,8	0,0046	0,000778	0,91—0,92	0,0039	0,00062
0,8 —0,81	0,0045	0,000765	0,92—0,93	0,0038	0,000607
0,81—0,82	0,0045	0,000752	0,93—0,94	0,0038	0,000594

4) Определение количества нефтепродуктов в цилиндрических горизонтальных резервуарах при частичном заполнении их

Определение количества нефтепродуктов в этом случае производится с помощью так называемого коэффициента взлива по формуле

$$V_H = V_p k,$$

где V_H — объем при высоте взлива H (рис. 4);
V_p — полный объем резервуара;
k — коэффициент взлива, определяемый по табл. 34.

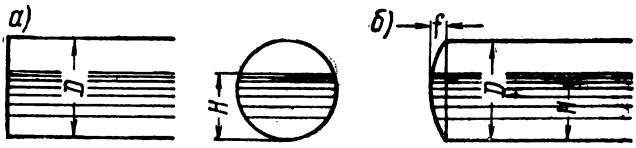


Рис. 4. Цилиндрический горизонтальный резервуар

а — с плоским днищем; *б* — со сферическим днищем

Таблица 34

Коэффициент взлива горизонтальных цилиндрических сосудов

С плоским днищем			Со сферическим днищем			
$\frac{H}{D}$	k—коэффициент взлива	$\frac{H}{D}$	k коэффициент взлива при отношении выноса днища к диаметру цистерны f/D			
			1/5	1/10	1/15	1/20
1	1	1	1	1	1	1
0,9	0,948	0,95	0,9968	0,9971	0,9971	0,9971
0,8	0,858	0,9	0,9834	0,9843	0,9845	0,9846
0,75	0,804	0,8	0,9191	0,9219	0,9224	0,9226
0,65	0,688	0,7	0,8083	0,8119	0,8125	0,8127
0,6	0,626	0,6	0,6632	0,6656	0,666	0,6662
0,55	0,563	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
0,5	0,5	0,4	0,3368	0,3344	0,334	0,3338
0,45	0,436	0,3	0,1917	0,1881	0,1875	0,1873
0,35	0,312	0,2	0,0809	0,0781	0,0776	0,0774
0,3	0,252	0,1	0,0166	0,0157	0,0155	0,0154
0,25	0,195					
0,2	0,142					
0,15	0,094					
0,1	0,052					
0,05	0,019					
0,01	0,0017					

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА ТЕПЛОСИЛОВЫХ УСТАНОВОК

I. ТРУБЫ СТАЛЬНЫЕ

1. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ПО СТАЛЬНЫМ ТРУБАМ

Таблица 1

Горячекатаные трубы (по ГОСТ 8731-58 — общие технические требования и по ГОСТ 8732-58 — сортамент)

Наружный диаметр в *мм*	Толщина стенки в *мм*	Наружный диаметр в *мм*	Толщина стенки в *мм*	Наружный диаметр в *мм*	Толщина стенки в *мм*
45	4	108	4—28	168	5—45
50	3,5—5,5	114		180	
54	3,5—11	121		194	
57	3,7—13	127	4—30	203	6—50
60	3,5—14	133	4—32	219	
63,5		140	4,5—36	245	6,5—50
68	3,5—16	146		273	
70		152		299	7,5—75
73	3,5—19	159		325	
76				351	8—75
83				377	9—75
89	3,5—24			402	
95				426	
102				450	16—75

Горячекатаные трубы изготовляются с толщиной стенки в пределах, указанных в табл. 1: от 3,5 до 10 *мм* с интервалом в 0,5 *мм*; от 10 до 20 *мм* с интервалом в 1 *мм*; от 20 до 42 *мм* с интервалом в 2 *мм*, а также с толщиной 25, 35, 45, 48, 50, 56, 60, 63, 65; 70 и 75 *мм*.

ГОСТ 8731-58 и 8732-58 введены в действие с 1 января 1959 г. взамен ГОСТ 301-50, 3099-46, 3100-46 и 3101-46. В соответствии с ГОСТ 8732-58 в дальнейшем горячекатаные трубы будут выпускаться диаметром от 25 до 800 *мм* включительно с толщиной стенки от 2,5 до 75 *мм*. Не рекомендуется применять трубы с толщиной стенки 6,5; 7,5; 8,5; 9,5; 13; 15 и т. д. — всего 16 размеров.

Таблица 2

Холоднотянутые и холоднокатаные трубы (по ГОСТ 8733-58 — общие технические требования и по ГОСТ 8734-58 — сортамент)

Наружный диаметр в *мм*	Толщина стенки в *мм*	Наружный диаметр в *мм*	Толщина стенки в *мм*
4	0,2—1,2	42	1—9
5	0,2—1,6	45; 48	1—10
6	0,2—2	50; 51	
7; 8	0,2—2,5	53; 54	
9	0,2—2,8	56; 57	1—12
10; 11	0,2—3,5	60; 63	
12—14	0,2—4	65; 68; 70	
15—18	0,2—5	73; 75; 76	
19; 20	0,2—6		
21—23	0,4—6	80; 83; 85	
24; 25	0,4—7	89; 90; 95	
27; 28		100; 102; 108; 110	1,4—12
30; 32	0,4—8	120	1,5—12
		125	1,8—12
34—36	0,4—8	130; 133	2,5—12
38; 40	0,4—9	140; 150	3—12
		160; 170; 180	3,5—12
		190; 200	4—12

Холоднотянутые и холоднокатаные трубы изготовляются с толщиной стенок в пределах, указанных в табл. 2: от 0,2 до 0,3 *мм* с интервалом в 0,05 *мм*; от 0,3 до 0,6 *мм* с интервалом в 0,1 *мм*; от 0,6 до 2,2 *мм* и от 2,8 до 3,2 *мм* с интервалом в 0,2 *мм*; от 3,5 до 10 *мм* с интервалом в 0,5 *мм*, а также толщиной 1,5; 2,5; 11 и 12 *мм*.

ГОСТ 8733-58 и 8734-58 введены в действие с 1 января 1959 г. взамен ГОСТ 301-50, 3099-46 и 3102-46.

Бесшовные трубы горячекатаные, холоднотянутые и холоднокатаные изготовляются из стали различных марок по ГОСТ 380-57, ГОСТ 1050-57, ГОСТ 5058-57 и ГОСТ 4543-57 и поставляются: горячекатаные трубы длиной от 4 до 12,5 *м*, холоднотянутые и холоднокатаные трубы длиной от 1,5 до 9 *м*.

Не рекомендуется применять трубы диаметром 13, 15, 17, 19, 21, 23, 24, 27, 35, 51, 54, 57, 68, 73, 76, 83, 89, 102, 108 и 133 *мм*, а также трубы с толщиной стенки 0,2; 1,5 и 2,5 *мм*.

Вес труб (*кг/пог. м*) следует вычислять по формуле

$$q = 0{,}0246615\ S(d_н - S),$$

где $d_н$ — наружный диаметр трубы в *мм*;

S — толщина стенки трубы в *мм*.

Таблица 3

Трубы стальные электросварные диаметром 5—152 *мм* (по ГОСТ 1753-53)

Наружный диаметр в *мм*	Толщина стенки в *мм* (через каждые 0,25 *мм*)	Наружный диаметр в *мм*	Толщина стенки в *мм* (через каждые 0,25 *мм*)	Наружный диаметр в *мм*	Толщина стенки в *мм* (до 5 *мм* через каждые 0,25 *мм*, более 5 *мм*—через 0,5 *мм*)
5; 6; 6,3; 7	0,5—1	32	1,25—3	54	1,5—2,5
8; 9; 10; 11	0,5—1,25	33; 34;	1,25—2,5	57; 60; 63,5;	1,5—3,5
12	0,5—1,5	35; 36; 37		76	1,5—4,5

Продолжение табл. 3

Наружный диаметр в *мм*	Толщина стенки в *мм* (через каждые 0,25 *мм*)	Наружный диаметр в *мм*	Толщина стенки в *мм* (через каждые 0,25 *мм*)	Наружный диаметр в *мм*	Толщина стенки в *мм* (до 5 *мм* через каждые 0,25 *мм*, более 5 *мм*—через 0,5 *мм*)
13; 14; 15; 16; 17;	0,75—1,5	38 39	1,25-3 1,25—2,5	83 89	1,75—4,5 2—4,75
18; 19; 20 21; 22	0,75—2 1—2	40; 41; 42; 43;	1,5—2,5	95 102	2—3,75 2—5
23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30; 31	1—2,5	44,5	1,5—3	108	3—4
		46; 47; 48	1,5—2,5	114	3—5
				121	3—4,25
		51	1,5—3,5	127	3—5
		53	1,5—2,25	133	3,5—4; 4,5—5
				140	3,5—5,5
				152	3,5—5,5

Электросварные трубы должны поставляться: при наружном диаметре до 30 *мм* — длиной до 6 *м*, более 30 *мм* — длиной до 8 *м*.

Электросварные трубы изготовляются из стали марок 0,8; 10, 15 и 20 (по ГОСТ 1050-57), а также из стали марок Ст.2, Ст.3, Ст. 3кп и Ст.4 (по ГОСТ 380-57).

Электросварные трубы изготовляются также (по ГОСТ 4015-58) наружным диаметром 426, 478, 529, 630, 720 и далее через каждые 100 *мм* до 1 420 *мм* включительно с толщиной стенки от 5 до 14 *мм* (с интервалом 1 *мм*).

Эти трубы изготовляются из листовой стали различных марок (по ГОСТ 500-58) и поставляются длиной от 5 до 24 *м*. В дальнейшем (после установки соответствующего оборудования) будут выпускаться трубы с толщиной стенки 4; 4,5; 15 и 16 *мм*, а также трубы наружным диаметром 1 520 и 1 620 *мм*. Не рекомендуется применять трубы диаметром 1 320 и 1 520 *мм*, а также трубы с толщиной стенки 13 и 15 *мм*.

Кроме указанных труб, электросварные трубы выпускаются по ГОСТ 8696-58 со спиральным швом наружным диаметром 426, 478, 529, 630 и 720 *мм* с толщиной стенки 4—10 *мм* и интервалом 1 *мм*.

Эти трубы изготовляются из листовой стали марок Ст.2, Ст.3, Ст.3кп, М12кп, М18кп и М18 (по ГОСТ 380-57) и поставляются длиной от 8 до 18 *м*.

Водогазопроводные трубы с резьбой изготовляются длиной от 4 до 8 *м* печной сваркой в стык или внакладку, электросваркой, либо бесшовными из мягкой, хорошо сваривающейся стали (по ГОСТ 380-57 или 1050-57). Муфты изготовляются из стали или ковкого чугуна. Трубы диаметром $1/2''$ и более поставляются с резьбой на обоих концах и муфтой, навернутой на один конец трубы.

Цилиндрическая резьба выполняется по ГОСТ 6357-52, а коническая — по ГОСТ 6211-52.

Трубы обыкновенные диаметром до 4″ включительно изготовляются также оцинкованными; вес этих труб на 3—4% более веса неоцинкованных.

Таблица 4

Трубы стальные водогазопроводные (газовые) (по ГОСТ 3262-55)

Номинальный диаметр в дюймах	Диаметр условного прохода в *мм*	Наружный диаметр в *мм*	Трубы обыкновенные для $p_y \leqslant 10$ *кг/см²*			Трубы усиленные для $p_y \leqslant 16$ *кг/см²*			Резьба				Вес муфт (из расчета одна муфта на 6 *м*) на 1 *пог.м* трубы в *кг*
			толщина стенки в *мм*	внутренний диаметр в *мм*	вес 1 *пог.м* без муфт в *кг*	толщина стенки в *мм*	внутренний диаметр в *мм*	вес 1 *пог.м* без муфт в *кг*	наружный диаметр резьбы в *мм*	число ниток на 1″	длина до сбега: цилиндрическая резьба в *мм*	длина до сбега: коническая резьба в *мм*	
1/4	8	13,5	2,25	9	0,62	2,75	8	0,73	13,158	19	—	—	—
3/8	10	17	2,25	12,5	0,82	2,75	11,5	0,97	16,663	19	—	—	—
1/2	15	21,25	2,75	15,75	1,25	3,25	14,75	1,44	20,956	14	14	15	0,01
3/4	20	26,75	2,75	21,25	1,63	3,5	19,75	2,01	26,442	14	16	17	0,02
1	25	33,5	3,25	27	2,42	4	25,5	2,91	33,25	11	18	19	0,03
1 1/4	32	42,25	3,25	35,75	3,13	4	34,25	3,77	41,912	11	20	22	0,04
1 1/2	40	48	3,5	41	3,84	4,25	39,5	4,58	47,805	11	22	23	0,06
2	50	60	3,5	53	4,88	4,5	51	6,16	59,616	11	24	26	0,09
2 1/2	70	75,5	3,75	68	6,64	4,5	66,5	7,88	75,187	11	27	30	0,13
3	80	88,5	4	80,5	8,34	4,75	79	9,81	87,887	11	30	32	0,2
4	100	114	4	106	10,85	5	104	13,44	113,034	11	36	38	0,4
5	125	140	4,5	131	15,04	5,5	129	18,24	138,435	11	38	41	0,6
6	150	165	4,5	156	17,81	5,5	154	21,63	163,863	11	42	45	0,8

2. ФЛАНЦЫ СТАЛЬНЫЕ

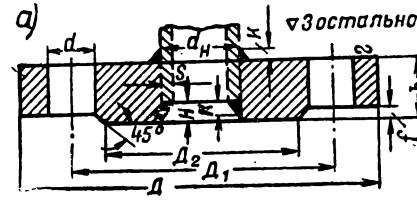


Рис. 1. Фланец стальной плоский приварной

а — для $p_у$ 2,5—10 *кг/см²*; *б* — для $p_у$ = 16 и 25 *кг/см²*

Фланцы стальные плоские приварные (рис. 1)

Трубы			Фланцы (раз												
диаметр условного прохода в *мм*	наружный диаметр в *мм*	наименьшая толщина стенки трубы в *мм*	Наружный диаметр при $p_у$ в *кг/см²*			Диаметр окружности по центрам отверстий для болтов при $p_у$ в *кг/см²*			Соединительный выступ (зеркало)				Толщина фланца при $p_у$ в *кг/см²*		
									Диаметр при $p_у$ в *кг/см²*			Высота выступа (глубина заточки)			
			2,5 и 6	10	16	2,5 и 6	10	16	2,5 и 6	10	16		6	10	16
15	18	3	80	95	95	55	65	65	40	45	45	2	12	12	14
20	25	3	90	105	105	65	75	75	50	58	58	2	14	14	16
25	32	3,5	100	115	115	75	85	85	60	68	68	2	14	14	18
32	38	3,5	120	135	135	90	100	100	70	78	78	2	16	16	18
40	45	3,5	130	145	145	100	110	110	80	88	88	3	16	18	20
50	57	3,5	140	160	160	110	125	125	90	102	102	3	16	18	22
70	76	4	160	180	180	130	145	145	110	122	122	3	16	20	24
80	89	4	185	195	195	150	160	160	128	138	138	3	18	20	24
100	108	4	205	215	215	170	180	180	148	158	158	3	18	22	26
125	133	4	235	245	245	200	210	210	178	188	188	3	20	24	28
150	159	4,5	260	280	280	225	240	240	202	212	212	3	20	24	28
200	219	6	315	335	335	280	295	295	258	268	268	3	22	24	30
250	273	8	370	390	405	335	350	355	312	320	320	3	24	26	32
300	325	8	435	440	460	395	400	410	365	370	378	4	24	28	32
350	377	9	485	500	520	445	460	470	415	430	438	4	26	28	34
400	426	9	535	565	580	495	515	525	465	482	490	4	28	30	38
450	478	9	590	615	640	550	565	585	520	532	550	4	28	30	42
500	529	9	640	670	705	600	620	660	570	585	610	4	30	32	48

Расточка внутреннего диаметра фланцев под трубу для условных проходов до
сти по ОСТ 1010, для условных проходов 150—400 *мм* по действительному наружному
проходов свыше 400 *мм* — не более 1 *мм* на сторону.

И БОЛТЫ К НИМ

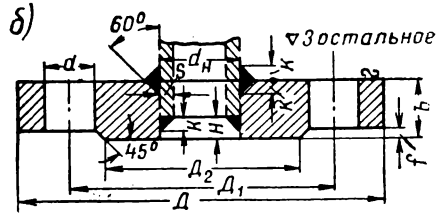


Таблица 5

$p_у$ от 2,5 до 16 *кг/см2* (по ГОСТ 1255-54)

меры в *мм*)								Болты								
Диаметр отверстий для болтов при $p_у$ в *кг/см²*			Вес в *кг/шт* при $p_у$ в *кг/см²*				Недовод труб в *мм* при $p_у$ 2,5—16 в *кг/см²*	Количество при $p_у$ в *кг/см²*			Диаметр в *мм* (резьба) при $p_у$ в *кг/см²*			Длина в *мм* при $p_у$ в *кг/см²*		
2,5 и 6	10	16	2,5	6	10	16		2,5 и 6	10	16	2,5 и 6	10	16	2,5 и 6	10	16
12	14	14	0,29	0,34	0,51	0,71	4	4	4	4	10	12	12	40	45	50
12	14	14	0,45	0,54	0,75	0,87	4	4	4	4	10	12	12	45	50	55
12	14	14	0,55	0,64	0,89	1,17	5	4	4	4	10	12	12	45	50	55
14	18	18	0,8	1,1	1,4	1,6	5	4	4	4	12	16	16	50	55	60
14	18	18	0,87	1,22	1,71	2	5	4	4	4	12	16	16	50	60	65
14	18	18	0,95	1,35	2,1	2,61	5	4	4	4	12	16	16	50	60	65
14	18	18	1,43	1,67	2,84	3,45	6	4	4	4	12	16	16	50	60	70
18	18	18	1,95	2,48	3,24	3,71	6	4	4	8	16	16	16	55	60	70
18	18	18	2,2	2,89	4,01	4,8	6	4	8	8	16	16	16	55	60	75
18	18	18	2,78	3,94	5,4	6,47	6	8	8	8	16	16	16	60	70	80
18	23	23	3,49	4,47	6,12	7,92	6	8	8	8	16	20	20	60	70	80
18	23	23	4,88	6,07	8,24	10,1	8	8	8	12	16	20	20	65	75	85
18	23	25	7,32	8,03	10,7	15,7	10	12	12	12	16	20	22	75	90	100
23	23	25	9,4	10,3	12,9	18,1	10—11	12	12	12	20	20	22	75	100	100
23	23	25	10,5	12,6	15,9	23,3	11	12	16	16	20	20	22	80	100	100
23	25	30	11,7	15,2	21,8	31	11	16	16	16	20	22	27	90	100	120
23	25	30	14,9	17,6	24,4	40,2	11	16	20	20	20	22	27	90	100	130
23	25	34	16,2	20,7	27,7	55,1	11	16	20	20	20	22	30	90	100	150

150 *мм* включительно производится по допускаемым отклонениям 7-го класса точно- диаметру труб с допускаемым зазором не более 0,5 *мм* на сторону, для условных

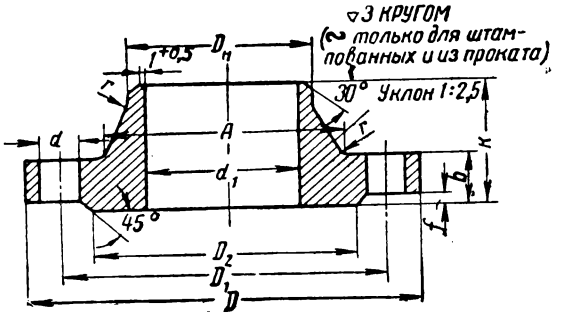


Рис. 2. Фланец стальной, приварной в стык

Таблица 6

Фланцы стальные приварные в стык (рис. 2) $p_у$ 16 *кг/см²* (по ГОСТ 1260-54)

Трубы		Фланцы (размеры в *мм*)											Болты	
Диаметр условного прохода $d_у$ в *мм*	Наружный диаметр $D_н$ в *мм*	Наружный диаметр D	Внутренний диаметр d_1	Диаметр окружности по центрам отверстий для болтов D_1	Зеркало: диаметр D_2	Зеркало: глубина выточки f	Толщина фланца b	Высота K	Наибольший диаметр шейки A	Диаметр отверстий для болтов d	Радиус закругления r	Вес в *кг/шт*	Количество	Диаметр в *мм* (резьба)
15	18	95	12	65	45	2	14	35	30	14	4	0,69	4	12
20	25	105	18	75	58	2	14	36	38	14	4	0,88		
25	32	115	25	85	68	2	14	38	45	14	4	1,06		
32	38	135	31	100	78	2	16	42	55	18	4	1,62	4	16
40	45	145	38	110	88	3	16	45	64	18	4	1,87		
50	57	160	49	125	102	3	16	48	76	18	5	2,41		
70	76	180	66	145	122	3	18	50	94	18	5	3,28		
80	89	195	78	160	138	3	20	52	110	18	5	4,22	8	16
100	108	215	96	180	158	3	20	52	130	18	5	5,03		
125	133	245	121	210	188	3	22	60	156	18	6	6,81		
150	159	280	146	240	212	3	22	60	180	23	6	8,25	8	20
200	219	335	202	295	268	3	24	62	240	23	6	12,1	12	20
250	273	405	254	355	320	3	26	68	292	25	8	17,8	12	22
300	325	460	303	410	378	4	28	70	346	25	8	24,6	12	22
350	377	520	351	470	438	4	32	78	400	25	8	32,2	16	22
400	426	580	398	525	490	4	36	90	450	30	10	42,8	16	27

II. АРМАТУРА ТРУБОПРОВОДНАЯ

Таблица 7

Арматура из цветных сплавов, чугуна и стали

Наименование арматуры	Условное обозначение[1]	Диаметр D_y в *мм*	Среда	Температура в град. до	Давление P_y в *кг/см²*	Вес в *кг*
Арматура из цветных сплавов						
Краны латунные (бронзовые)						
Кран пробноспускной, сальниковый, с изогнутым спуском	10Б8бк	6—20	Вода и насыщенный пар	225	10	0,32—1,38
То же, с прямым спуском	10Б9к	6—20	То же	225	10	0,3—1,27
Кран проходной муфтовый натяжной	11Б1	15—40	Жидкие среды	100	6	0,4—2,6
Кран спускной	—	6—20	Воздух, пар	—	4	0,13—0,32
Кран проходной сальниковый муфтовый	11Б5бк	15—40	Вода и другие жидкие среды	120	10	0,66—4,3
Кран натяжной муфтовый (пробка с квадратом)	11Б10бк	25—32	Газ	50	1	0,9—1,6
Кран трехходовой для манометров с контрольным фланцем	КТК	13×13	Вода и пар	225	24	0,47
Запорные устройства указателя уровня латунные (бронзовые)						
Запорное устройство кранового типа (краны верхний и нижний)	12Б26	Диаметр стекла 20	Вода и пар	225	16	3,15
То же	12Б3бк	То же	То же	225	25	6,5
Рамки указателя уровня	12Б10	№ 5—6		225	10	3,7—4,1
Вентили латунные (бронзовые)						
Вентиль проходной муфтовый	15Б1	15—20	Пар	200	16	0,5—5
То же	15Б3	15—20	Вода	50	10	0,5—5

Продолжение табл. 7

Наименование арматуры	Условное обозначение[1]	Диаметр $D_у$ в *мм*	Среда	Температура в град. до	Давление $P_у$ в *кг/см²*	Вес в *кг*
Клапаны латунные (бронзовые)						
Клапан обратный подъемный муфтовый . .	16Б1	15—50	Вода, пар и другие жидкие среды	225	16	0,4—4
Клапан предохранительный пружинный . .	ППК	25×32	Пар	—	2,5	0,96
Арматура чугунная						
Краны						
Кран натяжной муфтовый	11ч3бк	32—70	Газ	50	1	1,8—7,1
Кран проходной сальниковый муфтовый . .	11ч6бк	15—80	Вода, нефть, масла	100	10	0,75—17,5
То же, фланцевый	11ч8бк	25—100	То же	100	10	4,1—28,4
Вентили						
Вентиль фланцевый	15ч12бр	25—80	Пар	225	16	8,5—41,5
Вентиль запорный фланцевый	15ч14бр	50—200	Вода или пар	225	16	22,8—180
Вентиль проходной муфтовый	—	15—50	Вода	50	10	0,7—6
То же	—	15—50	Насыщенный пар	225	16	0,7—6
Клапаны						
Клапан обратный подъемный фланцевый . .	16ч6бр	40—300	Вода и пар	225	15	12,8
Клапан приемный фланцевый с сеткой . .	16ч40р	50—400	Вода, нефть и другие жидкости	50	2,5	9—315
Клапан предохранительный неполноподъемный однорычажный	17ч3бр	50, 80, 100	Пар	225	16	19—50
То же, двухрычажный	17ч5бр	50, 80, 100	„	225	16	36—95
Клапан редукционный пружинный (для понижения давления пара до 3 *кг/см²*) . . .	18ч2бр	25—150	„	225	16	11—221
Клапан обратный (захлопка)	19ч16р	50—150	Вода	50	16	19—90
Клапан обратный поворотный фланцевый . .	19ч16р	200—600	„	50	10	133—1 215
То же	19ч16бр	200—600	Пар	225	10	133—1 215
Клапан регулирующий ВЗ или ВО с пневматическим мембранным приводом	25ч30нж/ВЗ и 25ч32нж/ВО	15—300	Вода, воздух и пар	300	16	43—833

Продолжение табл. 7

Наименование арматуры	Условное обозначение[1]	Диаметр $D_у$ в *мм*	Среда	Температура в град. до	Давление $P_у$ в *кг/см²*	Вес в *кг*
Задвижки						
Задвижка запорная параллельная фланцевая с выдвижным шпинделем и ручным приводом	30ч6бр	50—400	Вода и пар	225	10	18,4—494,5
То же	30ч7бк	50—400	Газ	100	3	18,4—494,5
То же с электроприводом	30ч906бр	100—400	Вода и пар	225	10	74,2—730
Арматура разная						
Конденсатоотводчик с опрокинутым поплавком	45ч9	20—50	Пар и конденсат	200	16	10,8—19
Инжектор	—	№ 5 и 7				10,8 и 15,5
Конденсационный горшок	45ч46р	15—40		120	16	14,5—82,5
Арматура из ковкого чугуна						
Рамки для указателя уровня						
Рамка с водоуказательным стеклом	12кч11бк	№ 2, 4, 6, 8	Вода и пар	300	25	2,5—5,2
Вентили						
Вентиль запорный муфтовый	15кч18бр	15—50	Пар	225	16	0,7—5
То же	15кч18к	15—50	Вода	50	10	0,7—5
»	15кч18э	15—50	Горячая вода и насыщенный пар	200	16	0,7—5
Вентиль запорный фланцевый	15кч16бр	32—80	То же	225	25	8,6—28,6
То же	15кч16нж	32—80	Пар	300	25	8,6—28,6
»	15кч19бр	25—50	»	225	16	3,6—10,5
»	15кч19э	25—50	Горячая вода и насыщенный пар	200	16	3,6—10,5
»	15кч22бр	40—80	То же	225	40	19—48

Продолжение табл. 7

Наименование арматуры	Условное обозначение[1]	Диаметр $D_у$ в *мм*	Среда	Температура в град. до	Давление $P_у$ в *кг/см²*	Вес в *кг*
Клапаны						
Клапан обратный подъемный фланцевый . . .	16кч9бр	32—80	Вода и пар	225	25	7—23,5
То же	16кч9нж	32—80	Пар	300	25	7—23,5
То же, муфтовый	16кч11р	25—50	Вода	50	10	1,1—4
Арматура разная						
Инжектор № 5 производительностью 2 100 *л/час*, температура всасываемой воды до 40°	40кч4бр	25	То же	225	16	9,6
То же, № 11 производительностью 9 000 *л/час*	40кч4бр	50	„	225	16	26
Конденсатоотводчик с термостатом	45кч6бр	15—20	Пар и конденсат	150	6	0,89
Стальная арматура						
Вентили						
Вентиль запорный фланцевый	15с22бр	40—200	Вода и пар	225	40	19—243
То же	15с22нж	40—200	Перегретый пар	425	40	19—243
„	15с27нж	15—40	Пар	300	64	7,5—24
Клапаны						
Клапан предохранительный неполноподъемный однорычажный фланцевый	17с3бр	50 и 80	„	225	25	27,2—35
То же, двухрычажный	17с5бр	50 и 80	„	225	25	59—86

Продолжение табл. 7

Наименование арматуры	Условное обозначение[1]	Диаметр $D_у$ в *мм*	Среда	Температура в град. до	Давление $P_у$ в *кг/см*²	Вес в *кг*
Клапан обратный поворотный фланцевый . .	19с17бр	50—600	Вода и пар	225	40	20—2 200
Клапан регулирующий ВЗ и ВО с пневматическим мембранным приводом фланцевый . .	25с48нж (ВЗ) и 25с50нж (ВО)	15—200	Вода, воздух, пар, газообразные среды, нефтепродукты	300	64	49—531
Клапан предохранительный пружинный . . .	ППК-2	50, 80, 100 и 150	Пар	350	40	60—205
Задвижки						
Задвижка запорная клиновая фланцевая с выдвижным шпинделем и ручным приводом	30с64бр	100—250	Вода и пар	225	25	74—275
То же	30с64нж	100—250	Вода, пар, нефть и масла	300	25	74—275
То же, двухдисковая	30с72нж	150—250	Пар	300	25	125—255
То же, с электроприводом	30с972нж	200—500	»	300	25	430—1 745
То же, с конической передачей	30с564бр	300	Вода и пар	225	25	605
То же	30с564нж	300	Вода, пар, нефть и масла	300	25	605
»	30с572нж	300—500	Пар	300	25	613—1 300
То же, с ручным приводом	30с76нж	50—400	Вода, пар, нефть и масла	300	64	58—1002,7
Арматура разная						
Элеватор водоструйный	40с10бк	№ 1, 2, 3 и 4	Вода	—	10	3,78—19,64

1 Условные обозначения арматуры. Первые две цифры означают номер таблицы каждого вида арматуры, например, задвижки — 30, вентиля — 15, клапан редукционный — 18, конденсатоотводчик — 45 и т. д.

Далее следует буквенное обозначение материала корпуса арматуры: с — сталь углеродистая; нж — нержавеющая; ч — чугун серый; кч — ковкий чугун; б — бронза, латунь; а — алюминий; мн — монель — металл; вп — винипласт.

Следующие затем цифры обозначают: по арматуре с приводом первая цифра трехзначного числа — вид привода, следующие две цифры — номер фигуры, присвоенный данному типу арматуры; по прочей арматуре двухзначное или однозначное число — номер фигуры.

Различные виды привода обозначаются следующими цифрами: электрический — 9, механический с червячной передачей — 3, механический с цилиндрической зубчатой передачей — 4, механический с конической зубчатой передачей—5, пневматический — 6, гидравлический — 7, электромагнитный — 8. Для арматуры без привода, но с предусмотренной возможностью установки местного или дистанционного привода (маховик, редуктор, электропривод и т. д.) вместо цифры, обозначающей привод, ставится 0.

Буквы в конце условного обозначения (после номера фигуры) указывают на материал уплотнительных поверхностей затвора, например: бр — бронза, латунь, к — кожа; р — резина, бк — без колец (без вставных или наплавленных уплотнительных колец, т. е. с уплотнительными поверхностями, выполненными непосредственно на самом корпусе или затворе), бт — баббит и т. д.

Для электропривода задвижек типа 30с972нж и 30ч906бр применяются следующие электродвигатели:

а) для задвижек типа 30с972нж: диаметром 200 и 250/200 *мм* — электродвигатель типа АОС32-4ф2, мощностью 1 *квт*, 1 260 об/мин; диаметром 300 и 400/300 *мм* — электродвигатель типа АОС42-4ф2, мощностью 2,8 *квт*, 1 275 об/мин; диаметром 500/400 *мм* — электродвигатель типа АОС51-4ф2, мощностью 4,5 *квт*, 1 290 об/мин.;

б) для задвижек типа 30ч906бр: диаметром 100—250 *мм* — электродвигатель типа АОС31-4ф2, мощностью 0,6 *квт*, 1 260 об/мин; диаметром 300 *мм* — электродвигатель типа АОС32-4ф2, мощностью 1 *квт*, 1 260 об/мин; диаметром 400 *мм*— электродвигатель типа АОС41-4ф2, мощностью 1,7 *квт*, 1 260 об/мин.

III. ПРОКЛАДОЧНЫЕ И ПРИТИРОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

1. ПРОКЛАДОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Таблица 8

Прокладки для воды, пара и нефтепродуктов

Материал прокладки	Предельное рабочее давление в *ати*	Предельная температура в град.	Толщина прокладки в *мм*	Примечания
Прокладки для воды				
Парусина	1,5	50	—	На сурике или белилах
Резина сплошная	3	40	4—6	Для прокладок диаметром до 500 *мм*; при большем диаметре—резина с металлической сеткой
Резина с парусиновой прокладкой	6	60	3	
Резина с металлической сеткой	10	80	3—4	
Картон технический тряпичный	16	100—120	3	Для временных прокладок при гидравлических испытаниях; пределы применения до 50 *ати* и 40°

Продолжение табл. 8

Материал прокладки	Предельное рабочее давление в *ати*	Предельная температура в град.	Толщина прокладки в *мм*	Примечания
Льняная прядь на резьбовые соединения	16	100	—	Ровным слоем на сурике
Паста „Феникс"	16	200	—	
То же	25	200	—	С сеткой
Медные прокладки	35	Не ограничено	—	
Паронит унифицированный У	50	То же	—	
Мягкая сталь	50	„	—	Гофрированные прокладки
Паронит вулканизированный УВ	75	„	—	
Прокладки для пара				
Асбест листовой	1,5	130	До 4	Для отработанного пара
Асбест-шнур	1,5	—	„ 6	То же
Паста „Феникс"	15	200	1,5—3	Для насыщенного пара
Мягкая сталь	50	425	—	Гофрированные прокладки
Медные прокладки	35	425	—	
Паронит унифицированный У	40	425	—	
Картон латексный	50	425	1—2	
Паронит вулканизированный УВ	60	425	—	
Мягкая сталь толщиной 0,3 *мм*	20	200	2—3	С асбестовым сердечником для насыщенного пара
Прокладки для нефтепродуктов				
Картон бумажный пропитанный	16	40	—	
Алюминий	100	300	3	Гофрированные прокладки с асбестом
Паронит ЛВ	40	350	1—1,5	
Прокладки для газа и воздуха				
Резина	3	30	4—6	
Картон асбестовый АС (по ГОСТ 2850-45)	4	150	До 4	
Резина с парусиновой прокладкой	6	60	3	
Паронит	50	450	1—2	
Льняная прядь на резьбовые соединения	—	—	—	Ровным слоем на свинцовом сурике или белилах

Примечания. 1. Состав пасты „Феникс" по весу: графита 15%, свинцового сурика 10%, сажи 10 %, асбестового волокна 35 %, тавота 10 %, битума 20 %.

2. Для трубопроводов с давлением до 15 *ати* может быть применена также паста Купреянова. Состав этой пасты по весу: битума марки МIII—18—22%, мазута 13—17%, асбестовых отходов 33%, известкового порошка 32%.

3. Толщина прокладок из паронита для теплопроводов и паропроводов диаметром до 300 *мм* включительно принимается не более 3 *мм*, а для трубопроводов диаметром свыше 300 *мм*—не более 4 *мм*.

2. НАБИВКИ МЯГКИЕ ДЛЯ САЛЬНИКОВ АРМАТУРЫ

Таблица 9

Набивки сальниковые мягкие

Группа	Рабочая среда	Наименование набивки	Номера технических условий	Пределы использования: до давления в *кг/см²*	Пределы использования: до температуры в град.	Характеристика набивок: Характер оплетки, сечение и стандартные размеры
I	Вода пресная, соленая и рассол	Пеньковая просаленная (плетеный шнур из пеньковой, льняной или джутовой пряжи, пропитанный антифрикционной массой, включая тальк и графит)	ТУ МХП № 415-Н	160	100	Плетеные шнуры квадратного сечения со сторонами размером, 4, 5, 6, 8, 10, 13, 16, 19, 22 и 25 *мм*; заменитель с несколькими оплетениями квадратного сечения со сторонами размером 8, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 32, 35, 38, 42, 45 и 50 *мм*
		Допускается применять кольца „Лайон" (из хлопчатобумажной прорезиненной ткани)	ТУ МХП № 88-Н	250	100	Внутренний диаметр в *мм*: 31—100, 101—250, 251—460; Ширина кольца в *мм*: 10—20, 10—30, 15—35; Высота кольца в *мм*: 15—55. Изготовляются с наружным диаметром 500 *мм*
II	Вода горячая и пар насыщенный	Асбестовая просаленная (плетеный шнур из асбестовой пряжи, пропитанный антифрикционной массой, включая тальк и графит)	ТУ МХП № 407-8	25	300	Плетеные шнуры квадратного сечения со сторонами размером 4, 5, 6, 8, 10,13, 16, 19, 22 и 25 *мм* (заменитель с несколькими оплетениями квадратного сечения со сторонами размером 8, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 36, 38, 42, 45 и 55 *мм*)
		Допускается применять „Термопласт" (пластичная жировая масса)	ТУ МХП № 1060-44	12	300	Состав „Термопласта" — асбестовое волокно, пропитанное минеральными маслами

Продолжение табл. 9

Группа	Рабочая среда	Наименование набивки	Номера технических условий	Пределы использования		Характеристика набивок
				до давления в *кг/см²*	до температуры в град.	Характер оплетки, сечение и стандартные размеры
III	Пар перегретый	Асбестовая просаленная	—	—	—	Характер оплеток и размеры указаны в группе II
		Набивка „Рациональ" (плетеный шнур из асбестовой пряжи с медной проволокой, пропитанный антифрикционной массой, прографиченный)	ТУ МХП № 416-Н	45	425	Плетеные шнуры квадратного сечения со сторонами размером 5, 6, 9 и 10 *мм* включительно и с несколькими оплетениями квадратного сечения со сторонами размером 13, 16, 19, 22, 25, 28, 32, 35 и 38 *мм*
		Допускается применять кольца „Лайон" (из асбестовой прорезиненной ткани)	ТУ МХП	100	300	Размеры колец „Лайон" указаны в группе I
IV	Воздух	Пеньковая просаленная	—	—	—	Характер оплеток и размеры указаны в группе I
		Допускается применять:				
		бумажную просаленную (плетеный шнур из хлопчатобумажной нити, пропитанный антифрикционной массой, включая тальк и графит)	ТУ МХП № 409-Н	200	100	Плетеные шнуры квадратного сечения со сторонами размером 4, 5, 6, 8, 10, 13, 19, 22 и 25 *мм* (знаменатель с несколькими оплетениями квадратного сечения со сторонами размером 8, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 32, 35, 38, 42, 45 и 55 *мм*)
		кольца „Лайон" (из хлопчатобумажной прорезиненной ткани)				Размеры колец „Лайон" указаны в группе I
V	Мазут	Бумажная просаленная	—	—	—	Характер оплеток и размеры указаны в группе IV
		Допускается применять „Термопласт"	—	—	—	Характер набивок указан в группе II
VI	Нефть сырая и минеральные масла	Пеньковая сухая (плетеный шнур из пеньковой, льняной, пеньково-джутовой пряжи, пропитанный антифрикционной массой, включая тальк и графит)	ТУ МХП № 415-Н	160	100	Характер оплеток и размеры указаны в группе I
		Бумажная сухая	ТУ МХП № 408-Н	200	100	То же, в группе IV
		Бумажная просаленная	—	—	—	То же, в группе IV

3. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРИТИРКИ И ШЛИФОВКИ АРМАТУРЫ

Таблица 10

Притирочные материалы

Материалы уплотнения арматуры	Название притирочных материалов	
	для грубой притирки	для окончательной притирки
Бронза	Толченое стекло, паста ГОИ (грубая), наждак М-14	Паста ГОИ (средняя), наждак М-10
Меднониколевый сплав	Толченое стекло, паста ГОИ (грубая), наждак М-14	То же
Чугун серый	Корунд М-20, наждак М-20, паста ГОИ (грубая)	Корунд М-10, наждак М-10, паста ГОИ (средняя)
Электросталь ЭЖ-3	Корунд М-14, наждак М-20, паста ГОИ (грубая)	То же
Азотированная сталь марки ХМЮА	Экстракарборунд М-20, зеленый, экстракарборунд М-14, паста ГОИ (грубая)	Экстракарборунд М-10, паста ГОИ (средняя)

Примечание. Основные составляющие пасты ГОИ (Государственного оптического института): окись хрома 78%, стеарин 10%, расплавленный жир 8%. По цвету пасты ГОИ различаются: грубые — черного цвета, средние — темно-зеленого и тонкие — светло-зеленого цвета.

4. СМАЗКИ ПРИ ПРИТИРКЕ И ШЛИФОВКЕ АРМАТУРЫ

Таблица 11

Материал для шлифовки	Материал для притира	Смазка
Карборунд	Мягкая сталь	Лярдовое масло
»	Красная медь	То же
»	Чугун	Керосин, скипидар
»	»	Стеарин, разведенный на бензине
Алунд	Красная медь	Содовая вода, скипидар
»	Чугун	Газолин

IV. ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Таблица 12

Характеристика штучных, рулонных, мастичных и засыпных изоляционных материалов

Наименование материалов и изделий	Размеры в *мм*			Объемный вес в сухом состоянии в *кг/м³* не более	Коэффициент теплопроводности в сухом состоянии в зависимости от температуры в *ккал/м час град*	Максимальная температура изолируемой поверхности в град.	Предел прочности в *кг/см²* не менее		Влажность в % не более	По ГОСТу или ТУ
	толщина	длина	ширина				при сжатии	при изгибе		
Неорганические штучные изделия										
Диатомовые трепельные изделия										
Блоки	100—125	500	250	По маркам:						
Кирпичи	40—65	230—250	113—123	М500—500	0,09 (1+0,00223t)	900	6	—	—	—
Скорлупы	Диаметр наружный 136—224	330	Диаметр внутренний 36—94	М600—600	0,11 (1+0,00182t)	900	8	—	—	ГОСТ 2694-52
Сегменты	Диаметр наружный 242—385	330	Диаметр внутренний 112—225	М700—700	0,136 (1+0,00198t)	900	10	—	—	—
Совелитовые плиты	30—50	500	170	М350—350	0,068 (1+0,00126t)	500	—	1,25	15	ГОСТ 6788-53
				М400—400	0,071 (1+0,00125t)	500	—	1,5	15	
Вулканитовые плиты	30—50	500	170	400	0,069 (1+0,0026t)	600	—	3	20	ТУ 40-47 МСПТИ
Асбестовермикулитовые изделия										
Плиты	30—50	500 и 1 000	500	По маркам:						
Скорлупы	30—50	500	Диаметр внутренний 28—138	М250—250	0,065(1+0,00276t)	600	—	1,5	10	ТУ 203-54 МСПМХП
Сегменты	60—80	500	Диаметр внутренний 164—332	М300—300	0,071(1+0,00268t)	600	—	2	—	

Продолжение табл. 12

Наименование материалов и изделий	Размеры в *мм*			Объемный вес в сухом состоянии в *кг/м³* не более	Коэффициент теплопроводности в сухом состоянии в зависимости от температуры в *ккал/м час град*	Максимальная температура изолируемой поверхности в град.	Предел прочности в *кг/см²* не менее		Влажность в % не более	По ГОСТу или ТУ
	толщина	длина	ширина				при сжатии	при изгибе		
Асбестоцементные изделия										
Плиты	30	1 000	500							
Скорлупы	30—40	500	Диаметр внутренний 28—94	М400—400	0,073(1+0,0015t)	450	—	2	5	—
Сегменты	50—80	500	Диаметр внутренний 112—332	М450—450	0,079(1+0,0014t)	450	—	2,5	5	—
Асбестовый картон	2—12	900—1 000	900—1 000	1 000—1 200	0,135+0,00012t	450	—	—	—	ГОСТ 2850-58
Минераловатно-асбестовые плиты КЧ	25 и 30	1 000	500	По маркам: М350—350	0,06(1+0,00234t)	В помещениях до 160; вне помещений до 450		2,5	5	ТУ 95-52 МСПТИ
				М400—400	0,065(1+0,00254t)			3	5	
Пенобетонные и газобетонные изделия									Водопоглощение по объему:	
Обыкновенные	60—120	700—1 000	500	М400—400	0,095 при 25°±5°	400	—	5	20	ГОСТ 5742-51
				М500 от 401 до 500	0,11 „ 25°±5°	400	—	7	25	
Автоклавные: плиты	60—120	700—1 000	500	М300—300	0,08 „ 25°±5°	400	—	4	—	ТУ 63-49 МСПТИ
				М400—400	0,095 „ 25°±5°	400	—	10	—	
скорлупы	40—80	Не менее 330	Диаметр внутренний 28—332	М500—500	0,11 „ 25°±5°	400	—	15	—	—
				М600—600	0,13 „ 25°±5	400	—	25	—	—
Блоки из пеностекла	80—120	125—500	125—500	А-200	0,065+0,000163t	300	—	5	—	ТУ 159-53 МПСМ
				Б-300	0,07+0,00016t	300	—	10	—	
				В-400	0,087+0,00017t	300	—	15	—	

Продолжение табл. 12

Наименование материалов и изделий	Размеры в *мм*			Объемный вес в сухом состоянии в *кг/м³* не более	Коэффициент теплопроводности в сухом состоянии в зависимости от температуры в *ккал/м час град*	Максимальная температура изолируемой поверхности в град.	Предел прочности в *кг/см²* не менее		Влажность в % не более	По ГОСТу или ТУ
	толщина	длина	ширина				при сжатии	при изгибе		
Рулонные изделия										
				По маркам:						
Маты минераловатные на связке из синтетических смол	20—50	1 000—3 000	375—1 200	С100—100	0,035(1+0,0043*t*)	130	При разрыве: 0,05	—	1	ТУ 104-53
				С125—125	0,037(1+0,0043*t*)	130	0,055	—	1	МСПТИ
Изделия из стеклянного волокна										
Маты	10—50	1 000—3 000	200—750	100—200	0,034(1+0,00883*t*)	450	—	—	2	ГОСТ 2245-43
Полосы	10—30	500—5 000	30—250							
Материалы для засыпок и набивок										
				По маркам:						
Вата минеральная	—	—	—	М150—150	(0,04 при 30°) (0,05 „ 100°)	600	— —	— —	2	
				М200—200	(0,045 „ 30°) (0,055 „ 100°)	600	— —	— —	2	ГОСТ 4640-52
				М250—250	(0,05 „ 30°) (0,06 „ 100°)	600	— —	— —	2	
Вата стеклянная	—	—	—	130	0,034(1+0,00883*t*)	450	—	—	—	ГОСТ 5174-49
Асбест VI с.	—	—	—	450—500	0,091+0,00016*t*	600	—	—	—	ГОСТ 7-51

Продолжение табл. 12

Наименование материалов и изделий	Размеры в *мм*			Объемный вес в сухом состоянии в *кг/м³* не более	Коэффициент теплопроводности в сухом состоянии в зависимости от температуры в *ккал/м час град*	Максимальная температура изолируемой поверхности в град.	Предел прочности в *кг/см²* не менее		Влажность в % не более	По ГОСТ или ТУ
	толщина	длина	ширина				при сжатии	при изгибе		
Материалы для мастичной изоляции										
Асбестодиатомовые порошки				По маркам:						
Асбозурит класса ДИ (с добавкой извести)	—	—	—	М450—450	0,08 при 100°	600	—	1	25	—
				М550—550	0,11 „ 100°	600	—	1	25	—
				М650—650	0,13 „ 100°	600	—	1	25	—
Асбозурит класса Д*	—	—	—	М650—650	0,16 „ 100°		—	6	25	—
				М750—750	0,18 „ 100°		—	8	25	—
„ „ Т*	—	—	—	М850—850	0,2 „ 100°		—	9	25	—
				М950—950	0,22 „ 100°		—	10	25	—
Асботермит класса А	—	—	—	М500—500	0,11 „ 100°	600	—	1	20	—
				М600—600	0,13 „ 100°	600	—	1	20	—
Новоасбозурит класса Н	—	—	—	М600—600	0,13 „ 100°	600	—	2	20	—
				М700—700	0,16 „ 100°	600	—	2	20	—
Совелитовая мелочь (порошок)	—	—	—	450	$0{,}075(1+0{,}00121t)$	450	—	1,5	—	ТУ 651-49 МСПТИ
Ньювель — асбестомагнезиальный порошок	—	—	—	350	$0{,}066(1+0{,}0013t)$	350	—	1,5	—	ТУ 44-47 МСПТИ

* Применяются для штукатурки и нанесения подмазочного слоя.

V. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СВАРОЧНЫХ РАБОТ

1. ПРОВОЛОКА СТАЛЬНАЯ СВАРОЧНАЯ (по ГОСТ 2246-54)

Для электродуговой и газовой сварки применяется холоднотянутая стальная проволока диаметром 1; 1,2; 1,6; 2—4 *мм* (с интервалом 0,5 *мм*); 5; 6; 6,5; 7—10 *мм* (с интервалом 1 *мм*) и 12 *мм*.

Сварочная проволока изготовляется из стали следующих марок:

а) углеродистая проволока из стали марок Св-08, Св-08А, Св-08Г, Св-08ГА, Св-10Г2, Св-15, Св-15Г для сварки обычной углеродистой и низколегированной сталей.

Цифрами 0,8, 10 и 15 обозначено содержание углерода в сотых долях процента; индекс Г указывает на наличие марганца более 1%; индекс А обозначает содержание серы и фосфора не более 0,03% каждого;

б) легированная проволока из стали марок Св-10ГС, Св-10ГСМ, Св-18ХГСА, Св-30ХГСА для сварки конструкционных сталей и из стали марок Св-18ХМА, Св-12ХМ, Св-12МХ, Св-12М, Св-Х5М для сварки теплостойких сталей, работающих при высоких температурах и давлениях;

в) высоколегированная проволока из стали марок Св-1Х14, Св-ОХ18Н9, Св-Х22Н15 и др. для сварки хромистых, хромоникелевых нержавеющих и окалиностойких аустенитных сталей.

Диаметр присадочной проволоки при газовой сварке стали приближенно определяется по формуле

$$d = \frac{\delta}{2} + 1 \text{ мм},$$

где d — диаметр проволоки в *мм*;

δ — толщина свариваемой стали в *мм*.

2. ЭЛЕКТРОДЫ СТАЛЬНЫЕ ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ (по ГОСТ 2523-51)

Таблица 13

Типы наиболее широко применяемых стальных электродов для дуговой сварки (по ГОСТ 2523-51)

Тип электродов по ГОСТ 2523-51	Производственная марка электродов	Марка проволоки	Назначение электродов			Механические свойства металла шва	
			для сварки сталей марок	по положению шва в пространстве	по роду тока	предел прочности в *кг/мм²*	относительное удлинение в %
Электроды с тонким стабилизирующим покрытием							
Э42	ОМА-2	Св-08, Св-08А	Малоуглеродистых (толщина 0,8—3 *мм*) и низколегированных	Любое	Постоянный и переменный	42—50	18—20
Электроды с толстыми качественными покрытиями							
Э42	ОММ-5	Св-08, Св-08А	Малоуглеродистых	Любое	Постоянный и переменный	45—50	20—25

Продолжение табл. 13

Тип электродов по ГОСТ 2523-51	Производственная марка электродов	Марка проволоки	Назначение электродов			Механические свойства металла шва	
			для сварки сталей марок	по положению шва в пространстве	по роду тока	предел прочности в *кг/мм²*	относительное удлинение в %
Э42	ЦМ-7	Св-08, Св-08А	Малоуглеродистых	Любое	Постоянный и переменный	45—48	22—26
Э42	ЦНИЛСС-Э42	„	„	„	Переменный, постоянный на электроде (+)	44—51	18—32
Э42	МЭЗ-04	„	„	„	Постоянный и переменный	45—48	20—30
Э42А	ЦЦ-1	„	„	„	Постоянный на электроде (+)	49—53	28—29
Э42А	УОНИ-13/45	„	Малоуглеродистых, среднеуглеродистых и низколегированных	„	То же	44—47	25 - 28
Э50А	УОНИ-13/55	„	То же	„	„	50—55	25—28
Э85	УОНИ-13/85	„	„	„	„	85—87	10—15
Э50	К-5	„	„	„	Постоянный и переменный	50—55	18—24
ЭА1	ЦЛ-2Ал	Св-0Х18Н9	Нержавеющих	Нижнее и вертикальное	Постоянный на электроде (+)	50—60	35 - 45
ЭА1	ЦЛ-2М	Св-0Х18Н9	„	То же	То же	50—60	35—45
ЭА1М	ЦЛ-4	Св-1Х18Н9Т	„	„	„	55—65	30—40

Примечание. К среднеуглеродистым сталям относятся стали, содержащие от 0,3 до 0,5% углерода.

Таблица 14

Размеры стальных электродов (по ГОСТ 2523-51)

Диаметр электрода (стержня без покрытия) в *мм*	Длина электродов в *мм*	
	нормальных	высокого омического сопротивления или с большим количеством органических составляющих в покрытии
1 1,2 1,6 2	225 или 250	225 или 250

Продолжение табл. 14

Диаметр электрода (стержня без покрытия) в *мм*	Длина электродов в *мм*	
	нормальных	высокого омического сопротивления или с большим количеством органических составляющих в покрытии
2,5 3	350	
3,5 4	400 или 450	350
5 6 7 8 9 10	450	350 или 450

Диаметр электродов определяется в зависимости от толщины свариваемого металла, режима и способа сварки. Наиболее широко применяются электроды диаметром от 2 до 6 *мм*.

Электродная проволока при автоматической сварке применяется диаметром от 1,2 до 6 *мм* и при сварке шланговыми полуавтоматами — диаметром — 2 *мм*.

Для ручной электродуговой сварки трубопроводов должны применяться электроды по качеству не ниже электродов Э-42. Электроды, не удовлетворяющие этому требованию, допускаются только для сварки временных трубопроводов.

Ручная газовая сварка допускается для соединения труб диаметром до 114 *мм* с толщиной стенки до 5 *мм* и для рабочего давления в трубопроводе до 8 *ати*.

Угольные электроды изготовляются из аморфного электротехнического угля в виде стержней круглого сечения диаметром от 6 до 30 *мм*, длиной 200—300 *мм*.

3. ПРУТКИ ЧУГУННЫЕ СВАРОЧНЫЕ (по ГОСТ 2671-44)

Чугунные прутки применяются для дуговой и газовой сварки серого чугуна.

По химическому составу прутки изготовляются двух марок: марки А — для газовой сварки и для стержней электродов при горячей сварке; марки Б — для стержней электродов при горячей, полугорячей и холодной сварке.

Размеры прутков: диаметр 4—12 *мм* с интервалом 2 *мм*; длина прутков диаметром 4 *мм* — 250 *мм*, диаметром 6 *мм* — 350 *мм*, диаметром 8 *мм* и более — 450 *мм*.

Электроды из чугунных прутков применяются с тонкой стабилизирующей обмазкой и с покрытиями марок ОМЧ-1, УЗТМ, ЦНИИВТ.

В качестве присадочного материала чугунные прутки используются с применением флюсов: буры кристаллической и обезвоженной, буры в смеси с борной кислотой в соотношении 1 : 1, буры с содой в соотношении 1 : 1 двууглекислого натрия и кремнезема.

При холодной сварке чугуна стальными электродами лучшие результаты дают электроды с обмазкой основного типа, например УОНИ-13/55 диаметром 4—5 *мм*.

Применяются электроды из цветных металлов: медножелезные, железоникелевые и меднонике левые. Наилучшие результаты дает электрод ОЗЧ-1 из медного стержня с качественной обмазкой, содержащей железный порошок. Сварка выполняется постоянным током с обратной полярностью. Прочность сварного соединения достигает 70—80% от прочности основного металла. Рекомендуются электроды из красной меди диаметром 4—6 *мм*, обернутые белой жестью толщиной 0,25—0,3 *мм* в виде спирали с меловым покрытием; прочность сварного соединения достигает 8—9 *кг/мм*^{2}.

Сварку чугунных деталей, стальных деталей с чугунными и наплавку стали на чугунные детали можно выполнять стальными электродами со специальной обмазкой, состоящей из окалины, мела, буры и других компонентов по методу инж. Савченко.

При газовой сварке ковкого чугуна рекомендуется применять в качестве присадки латунь с содержанием меди 57—62% или бронзу с содержанием меди 55—58%.

4. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СВАРКИ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Для сварки меди применяются: медная проволока марок М1, М2, М3 по ГОСТ 859-41 и марки БрКМц3-1; электроды из этих проволок с обмазкой марки ММЗ-2 и флюсы марки БМ-1; кроме того, бура и смесь буры с другими компонентами.

Для сварки латуни применяются: проволока марки ЛК62-0,5 и проволока того же состава; что и свариваемый металл; электроды из латуни с двухслойной специальной обмазкой и флюсы, используемые при сварке меди, а также молотый борный шлак. Для дуговой сварки под флюсом применяются флюсы марок АН-348III и ОСЦ-45 с добавками борной кислоты и кальцинированной соды.

Для сварки бронзы применяются литые стержни диаметром от 5 до 12 *мм* из сплавов бронзы (и стержни того же состава, что и свариваемый металл); электроды из этих стержней с различными защитными обмазками и флюсы, употребляемые при сварке меди и латуни марки БМ-1, бура и смесь буры с борной кислотой.

Для сварки алюминия применяются проволока марок А1, А2, АК АМц и проволоки того же состава, что и свариваемый металл, и электроды из этой проволоки с обмазками, состоящими из хлористого натрия, хлористого калия, хлористого лития и других компонентов, связанных густым раствором поваренной соли (без жидкого стекла).

Наплавка рабочих поверхностей стальных и бронзовых изделий может быть произведена электродами марок ОЦС-5-3-20 или АЖ-9-4 из бронзы.

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

I. ПАРОВЫЕ КОТЛЫ

1. ПАРОВЫЕ КОТЛЫ С ДАВЛЕНИЕМ ДО 0,7 *ати*

Технические характеристики чугунных секционных котлов приведены в табл. 1—4; в табл. 5 и 6 — характеристики стальных водотрубных котлов, применяемых в качестве паровых котлов с давлением до 0,7 *ати* и водогрейных с температурой воды до 115°.

При использовании чугунных и стальных водотрубных котлов в качестве паровых на них должны быть установлены паросборники диаметром 600 *мм* с сепарационным устройством, состоящим из перфорированной трубы и перфорированного отбойного листа.

Чугунные и стальные водотрубные котлы рекомендуется применять при условии возврата в них всего конденсата, так как для внутрикотловой обработки воды и механической очистки от накипи эти котлы не приспособлены.

Высота паровых котлов (до верха паросборника) больше высоты котлов без паросборников на 0,9 *м*.

Сборка чугунных котлов производится с помощью ниппелей, вставляемых в горловины вверху и внизу каждой секции, с закреплением (при конических ниппелях) стяжными болтами, пропущенными через отверстия ниппелей. Ниппеля устанавливаются на графитовой пасте.

Зазор между секциями допускается не более 2 *мм*. Топки котлов оборудуются плиточными неподвижными и опрокидными колосниками.

Тепловое напряжение поверхности нагрева паровых котлов при сжигании топлива с применением дутья можно принимать на 1 000 *ккал/м² час* меньше, чем для водогрейных. Коэффициент полезного действия котлов достигает 0,65—0,7.

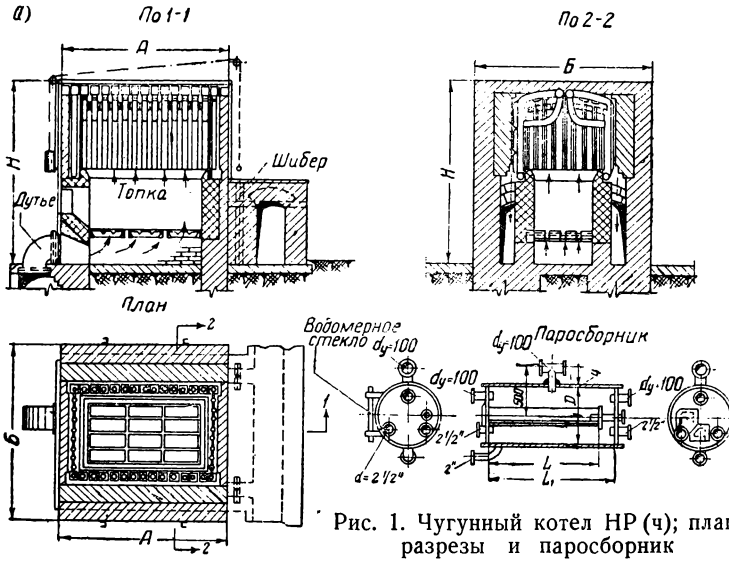


Рис. 1. Чугунный котел НР (ч); план, разрезы и паросборник

Таблица 1

Чугунные котлы НР (ч) (рис. 1) (по ГОСТ 2562-54)

Показатели	Единица измерения	Поверхность нагрева в $м^2$		
		43	34	25
Количество секций:				
средних	шт.	34	26	18
крайних	„	4	4	4
Поверхность нагрева одной секции:				
средней	$м^2$	1,125	1,125	1,125
крайней	„	1,21	1,21	1,21
Габаритные размеры котла (по обмуровке):				
длина *А*	*мм*	2 940	2 410	1 850
ширина *Б*	„	2 385	2 385	2 385
Ширина при двух котлах в блоке	„	4 645	4 645	4 645
Высота *Н* (без паросборника):				
при антраците и каменном угле	„	2 630	2 630	2 630
при дровах, торфе и буром угле	„	3 000	3 000	3 000

Продолжение табл. 1

Показатели	Единица измерения	Поверхность нагрева в $м^2$		
		43	34	25
Размеры колосниковой решетки:				
длина при антраците, каменном и буром угле	*мм*	2 120	1 592	1 064
длина при дровах и торфе	„	2 235	1 680	1 125
ширина	„	865	865	865
Объем топочного пространства:				
при антраците и каменном угле	$м^3$	3,31	2,53	1,74
при буром угле	„	4,42	3,38	2,34
„ дровах и торфе	„	5,04	3,77	2,84
Емкость котла (парового)	*л*	730	605	420
Размеры паросборника:				
диаметр внутренний D	*мм*	600	600	600
длина L	„	2 350	1 800	1 220
„ L_1	„	2 550	1 985	1 420
Вес котла (без обмуровки, топочной гарнитуры и паросборника)	*кг*	3 781	3 126	2 487
Вес топочной гарнитуры:				
при антраците и каменном угле	„	1 055	858	729
при буром угле	„	1 186	920	803
„ дровах и торфе	„	1 353	1 060	960
Вес каркаса:				
при антраците и каменном угле	„	278	274	268
„ буром угле	„	326	317	399
Количество кирпича для обмуровки и топки (без фундамента, боровов и дутьевых каналов):				
красного (при антраците и каменном угле)	шт.	4 400	3 800	3 000
огнеупорного (при антраците и каменном угле)	„	1 600	1 340	1 040
красного при буром угле	„	4 800	4 100	3 400
огнеупорного при буром угле	„	2 350	1 920	1 480
красного при дровах и торфе	„	—	4 250	3 460
огнеупорного	„	—	2 150	1 680

Примечание. Статическое давление (рабочее) для водогрейных котлов допускается до 5 *кг/см*^{2}.

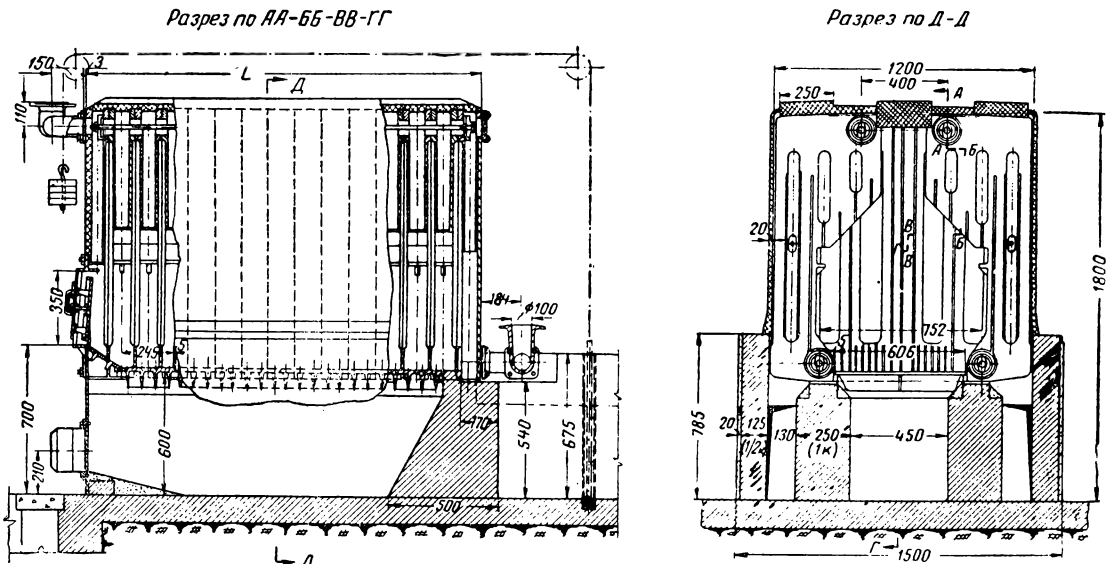


Рис. 2. Чугунный котел „Универсал-3" с внутренней топкой

Конструкция котла „Универсал-3" является модернизацией котла „Универсал", снятого с производства.

Котлы „Универсал-3" и „Универсал" обмуровываются кирпичом лишь частично. Сверху котлы покрываются слоем мастичной теплоизоляции.

Тепловое напряжение поверхности нагрева котлов при сжигании основных видов топлива с применением дутья 8—10 тыс. *ккал/м² час*, а при сжигании сортированного антрацита без дутья — 6 тыс. *ккал/м² час*.

Таблица 2

Чугунные котлы «Универсал-3» с внутренней и внешней топками

Показатели	Единица измерения	Поверхность нагрева котла в $м^2$											
		с внутренней топкой (для антрацита)						с внешней топкой (для бурых углей и торфа)					
		18,2	23,8	29,4	35	40,6	46,2	18,4	24	29,6	35,2	40,8	46,4
Количество секций:													
средних	шт.	10	14	18	22	26	30	10	14	18	22	26	30
крайних передних	»	2	2	2	2	2	2	—	—	—	—	—	—
» задних	»	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4
Габаритные размеры котла (по обмуровке):													
длина	*мм*	845	1 095	1 345	1 595	1 845	2 095	845	1 095	1 345	1 595	1 845	2 095
ширина	»	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	1 650	1 650	1 650	1 650	1 650	1 650
Высота (без паросборника)	»	1 860	1 860	1 860	1 860	1 860	1 860	2 450	2 450	2 450	2 450	2 450	2 450
Размеры колосниковой решетки:													
длина	»	505	755	1 005	1 255	1 505	1 755	505	755	1 005	1 255	1 505	1 755
ширина	»	616	616	616	616	616	616	616	616	616	616	616	616
Объем топочного пространства	$м^3$	0,46	0,63	0,8	0,97	1,14	1,31	0,71	1	1,29	1,58	1,87	2,16
Емкость котла	*л*	280	350	415	485	550	615	—	—	—	—	—	—
Вес металлических частей котла (без паросборника)	*кг*	1 628	1 998	2 369	2 737	3 108	3 479	1 845	2 226	2 607	2 987	3 368	3 750
Общий вес котла (без паросборника)	»	3 004	3 723	4 440	5 160	5 877	6 594	5 202	6 371	7 493	8 288	9 788	10 940
Количество кирпича для обмуровки и топки:													
красного	шт.	350	435	520	605	690	775	600	750	900	1 050	1 200	1 350
огнеупорного	»	22	30	38	46	54	62	232	290	348	406	464	522

Примечание. Поверхность нагрева секций: средней 1,4 $м^2$, крайней передней 1 $м^2$, крайней задней 1,1 $м^2$. Вес секций: средней 85 *кг*, крайней передней 110 *кг*, крайней задней 129 *кг*. У котлов с внешней топкой вместо крайних передних секций устанавливаются крайние задние секции. Водогрейные котлы рассчитаны на рабочее давление до 5 $кг/см^2$. Вес паросборника 161—271 *кг*.

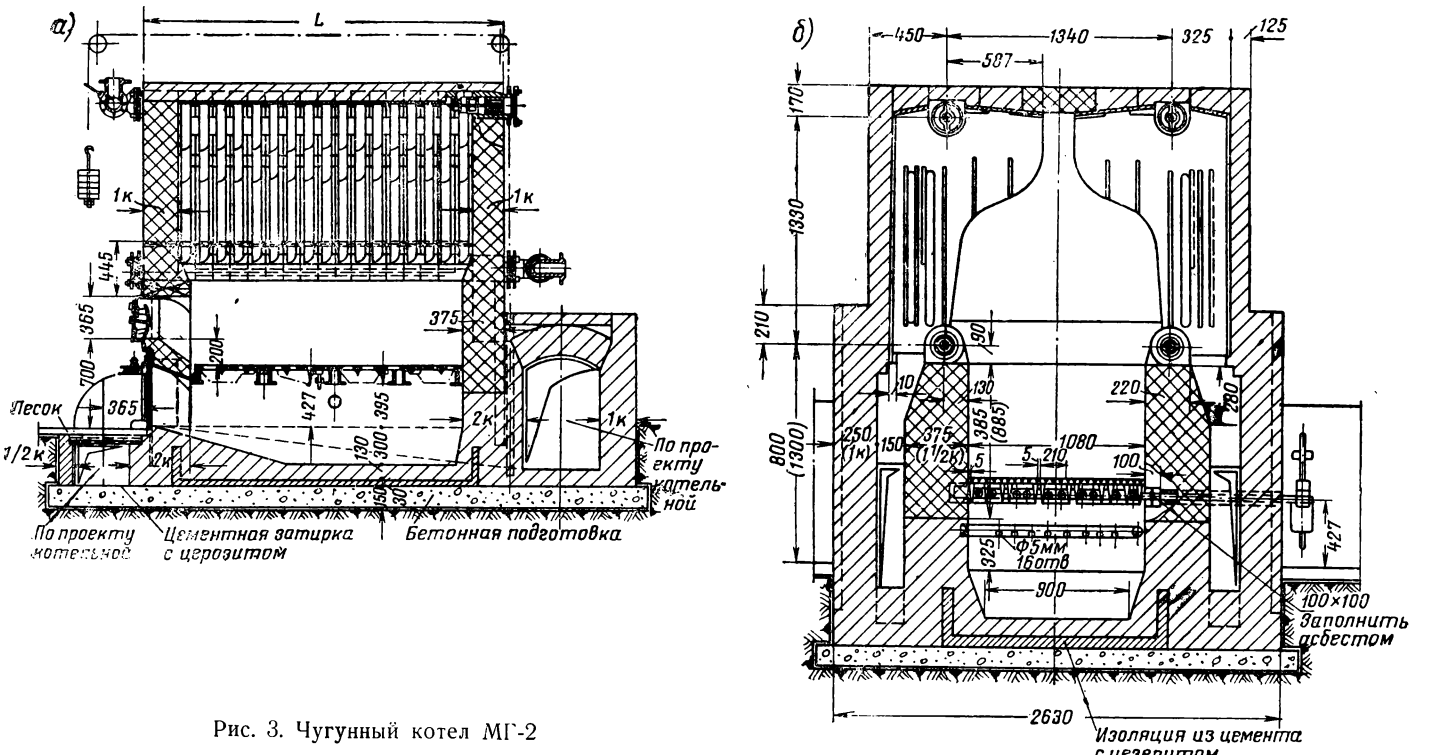


Рис. 3. Чугунный котел МГ-2

а — продольный разрез; *б* — поперечный разрез

Таблица 8

Чугунные котлы МГ-2 (рис. 3) (конструкции инж. Гребенюка М. Д.)

Показатели	Единица измерения	Поверхность нагрева в $м^2$		
		37,8	54,6	71,4
Количество секций	шт.	18	26	34
Габаритные размеры котла (по обмуровке):				
длина	*мм*	1 870	2 400	2 930
ширина	„	2 630	2 630	2 630
Высота (без паросборника):				
с топкой для бурого угля	„	2 800	2 800	2 800
„ „ „ антрацита	„	2 300	2 300	2 300
Высота топки:				
для бурого угля	„	885	885	885
„ антрацита	„	385	385	385
Длина колосниковой решетки	„	1 120	1 650	2 180
Ширина „ „	„	1 080	1 080	1 080
Вес котла и топочного устройства (без паросборника)	*кг*	3 340	4 475	5 615
Количество кирпича для обмуровки и топки:				
красного	шт.	1 650	2 100	2 550
огнеупорного		1 350	1 500	1 650

Для водогрейных котлов рабочее давление допускается до 5 *кг/см²*.

Котлы МГ-2 отличаются от чугунных котлов других типов отсутствием лобовых секций. Вместо лобовых секций у этих котлов с торцов выкладываются кирпичные стенки и устанавливается топочная гарнитура котла НР(ч). Котлы компонуются с внешними топками с плиточными неподвижными и опрокидными колосниками.

Количество циркуляционных труб у котлов поверхностью нагрева 37,8 $м^2$ — 2 шт., при большей поверхности нагрева — 4 шт.

Котлы МГ-1 (конструкции того же автора) изготовляются поверхностью нагрева 44,6; 61,4 и 72,2 $м^2$ с количеством секций соответственно 22, 30 и 38 шт. Габариты котла по обмуровке те же, что и котла МГ-2.

Тепловое напряжение поверхности нагрева котлов при сжигании основных видов топлива с применением дутья 9—10 тыс. *ккал/м² час.*

Таблица 4

Чугунные котлы КЧЗ—ВНИИСТО-3

Показатели	Единица измерения	Поверхность нагрева в $м^2$									
		с внутренней топкой (для антрацита)					с внешней топкой (для бурых углей и торфа)				
		6	8,8	11,6	14,4	17,2	6	8,8	11,6	14,4	17,2
Количество средних секций	шт.	6	10	14	18	22	6	10	14	18	22
Габаритные размеры котла (по обмуровке):											
длина	*мм*	625	875	1 125	1 375	1 625	625	875	1 125	1 375	1 625
высота (без паросборника)	"	1 460	1 460	1 460	1 460	1 460	2 020	2 020	2 020	2 020	2 020
длина колосниковой решетки	"	280	530	780	1 030	1 280	305	555	805	1 055	1 305
объем топочного пространства	$м^3$	0,15	0,25	0,35	0,45	0,55	0,31	0,49	0,67	0,95	1,03
Вес металлических частей котла (без паросборника):											
чугунных	*кг*	752	962,4	1 173	1 383,7	1 594,3	818	1 034	1 269	1 468	1 681
стальных	"	32,14	39,9	47,58	55,21	63,16	46	54	63	71	80
Общий вес котла (без паросборника)	"	1 591	2 012	2 433	2 853	3 275	2 239	2 780	3 341	3 864	4 430
Расход кирпича на обмуровку:											
красного	шт.	216	274	332	390	446	266	334	402	470	536
огнеупорного	"	—	—	—	—	—	105	125	145	165	185

Примечание. Количество крайних секций 4 шт. Поверхность нагрева секций: средней 0,7 $м^2$, крайней 0,45 $м^2$. Вес секций: средней 48 *кг*; крайней 71 *кг*. Ширина котла (по обмуровке) 1 405 *мм*, ширина колосниковой решетки 455 *мм*. Водогрейные котлы рассчитаны на рабочее давление до 4 $кг/см^2$ и температуру воды до 95°. Тепловое напряжение поверхности нагрева котлов при сжигании основных видов топлива с применением дутья 10—11 тыс. $ккал/м^2$ *час*, при сжигании сортированного антрацита без дутья—8,5 тыс. $ккал/м^2$ *час*.

Выпускаются чугунные котлы „Искитим-1" поверхностью нагрева 36,5; 50,5 и 64,5 $м^2$.

Таблица 5

Стальные водотрубные котлы НР-18 (рис. 4)

Показатели	Единица измерения	Котлы с топкой для сжигания								
		бурого угля			антрацита			дров и торфа		
		НР-18-IБ 53 м²	НР-18-IIБ 40 м²	НР-18-IIIБ 27 м²	НР-18-IА 53 м²	НР-18-IIА 40 м²	НР-18-IIIА 27 м²	НР-18 IД 53 м²	НР-18-IIД 40 м²	НР-18-IIIД 27 м²
Размеры колосниковой решетки:										
длина	мм	2 120	1 592	1 064	2 120	1 592	1 064	2 200	1 650	1 120
площадь	м²	1,83	1,38	0,92	1,83	1,38	0,92	1,91	1,43	0,97
Объем топочного пространства	м³	2,92	2,25	1,47	2,92	2,25	1,47	3,06	2,29	1,55
Длина котла (по обмуровке) .	мм	2 980	2 420	1 860	2 980	2 420	1 860	2 980	2 420	1 860
Вес котла (без обмуровки, топочной гарнитуры и паросборника)	кг	1 722	1 333	940	1 722	1 333	940	1 722	1 333	940
Вес топочной гарнитуры . .	»	861	743	641	844	726	609	1 088	935	782
Емкость котла	л	1 206	922	638	1 206	922	638	1 206	922	638
Количество кирпича для обмуровки и топки:										
красного	шт.	4 750	4 100	3 850	4 750	4 100	3 850	5 000	4 500	3 600
огнеупорного	»	1 250	1 100	950	1 250	1 100	950	1 700	1 500	1 200

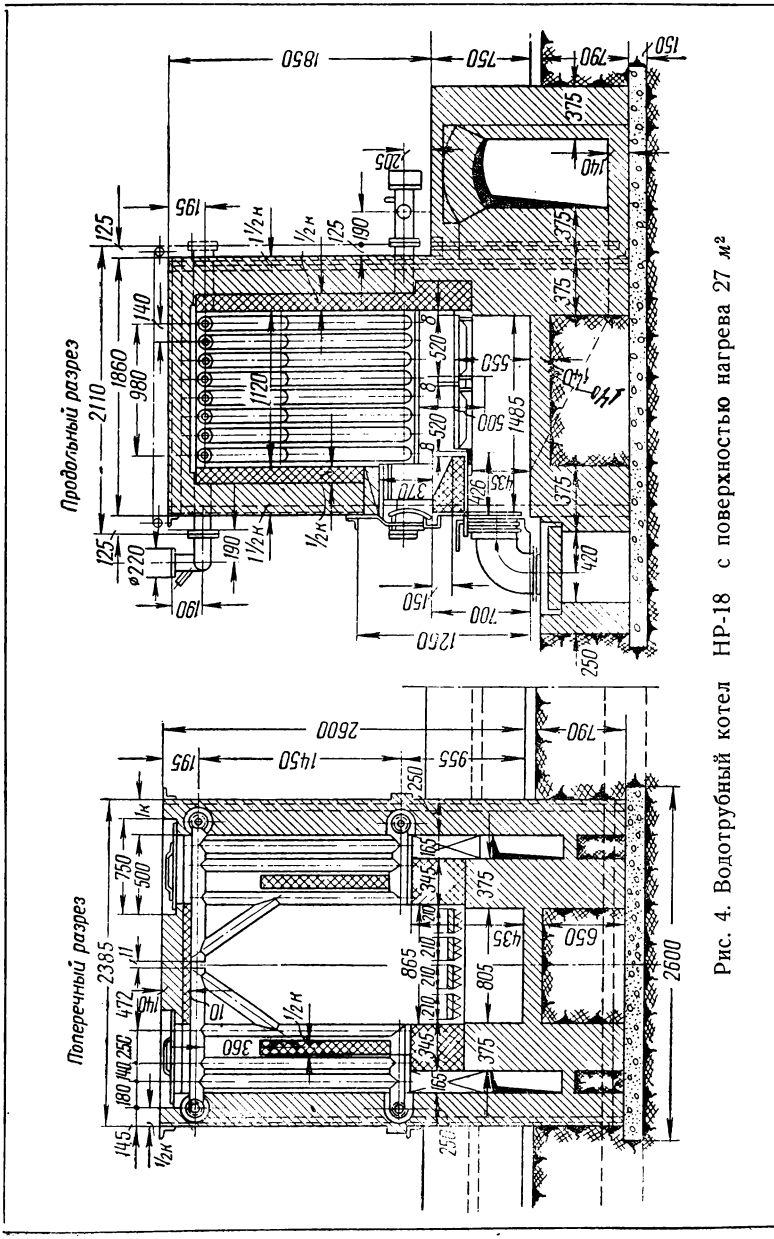


Рис. 4. Водотрубный котел НР-18 с поверхностью нагрева 27 м²

Ширина котла (по обмуровке) 2 385 *мм*, высота котла (по обмуровке) без паросборника 2 600 *мм*. Ширина колосниковой решетки 865 *мм*.

Котел состоит из двух пакетов секций; в каждом пакете соответственно поверхности нагрева котла 16, 12 или 8 секций на сварке.

Тепловое напряжение поверхности нагрева котлов при сжигании основных видов топлива с применением дутья 10—11 тыс. *ккал/м² час*.

Для водогрейных котлов рабочее давление допускается до 5 *кг/см²*.

Таблица 6

Стальные водотрубные котлы НР-17

Показатели	Единица измерения	Поверхность нагрева в $м^2$	
		20	40
Размеры колосниковой решетки:			
ширина	*мм*	430	865
площадь	$м^2$	0,68	1 38
Объем топочного пространства	$м^3$	1,9	4 4
Ширина котла (по обмуровке)	*мм*	1 680	2 965
Емкость котла	*л*	478	956
Вес котла (без обмуровки, топочной гарнитуры и паросборника)	*кг*	1 150	1 860
Вес топочной гарнитуры		351	566

Примечание. Длина колосниковой решетки 1 592 *мм*, длина котла (по обмуровке) 2 420 *мм*, высота котла (по обмуровке) без паросборника 2 480 *мм*.

Котел поверхностью нагрева 20 $м^2$ состоит из одного пакета (полушатровый), а котел поверхностью нагрева 40 $м^2$ — из двух пакетов. В каждом пакете по 12 секций (на сварке).

Пакеты котлов НР-18 и НР-17 сварные, из стальных труб диаметром 82,5/89 *мм* (секции) и 100,5/108 *мм* (коллектора).

Тепловое напряжение поверхности нагрева котлов при сжигании основных видов топлива с применением дутья—до 12 тыс. *ккал/м² час*.

Рабочее давление для водогрейных котлов допускается до 5 *кг/см²*.

Паровые котлы с давлением до 0,7 *ати* вместо предохранительных клапанов снабжаются каждый в отдельности самостоятельным предохранительным выкидным приспособлением (рис. 5) и регистрации в органах Госгортехнадзора не подлежат.

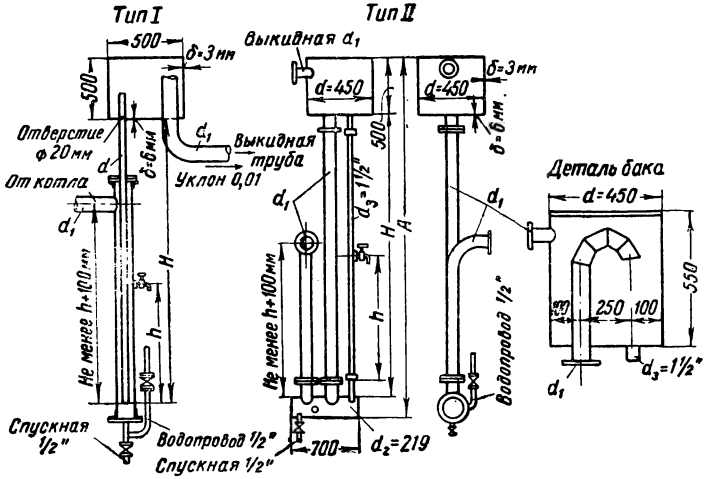


Рис. 5. Предохранительное выкидное приспособление (гидравлический затвор) для паровых котлов с давлением до 0,7 *ати*

Таблица 7

Диаметры труб предохранительных выкидных приспособлений (рис. 5)

Обозначения	Теплопроизводительность котла в тыс. *ккал/час*							
	15—40	41—80	81—150	151—240	241—450	451—800	801—1 300	более 1 300
d (условный) в *мм* . .	40	50	70	80	100	125	150	175
d_1 » » » . . .	80	100	100	125	150	175	200	225

Высота H в *м* предохранительного приспособления определяется по формуле:

$$H = 10p + 1 \text{ м},$$

где p — избыточное давление в котле в *ати*.

Таблица 8

Основные размеры предохранительных выкидных приспособлений

Обозначение	Давление пара в котле в *ати*					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7
H в *мм*	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000	8 000
h » »	1 120	1 680	2 240	2 800	3 360	4 480
A » »	2 769	3 769	4 769	5 769	6 769	8 769

Допускается устройство общей трубы, отводящей пар от нескольких предохранительных приспособлений. Площадь сечения общей трубы должна быть не менее суммы площадей сечения присоединяемых труб.

Устройства для отбора пара и запорные приспособления на подводящих и отводящих трубах предохранительных приспособлений не допускаются.

Изготовление, установка и эксплуатация котлов должны осуществляться в соответствии с «Правилами устройства, установки и эксплуатации водогрейных котлов для нагревания воды до 115° и паровых котлов с давлением не свыше 0,7 *ати*», утвержденными Госгортехнадзором РСФСР 2 ноября 1955 г.

При установке этих котлов следует также руководствоваться «Техническими условиями на производство и приемку внутренних санитарно-технических работ», СН 68-59, утвержденными Госстроем СССР 31 августа 1959 г.

2. ПАРОВЫЕ КОТЛЫ С ДАВЛЕНИЕМ ВЫШЕ 0,7 *ати*

1) Вертикально-цилиндрические котлы

Таблица 9

Характеристика вертикальных водо-газотрубных котлов

Показатели	Единица измерения	Типы котлов		
		ВГД-16/8 с внутренней топкой	ВГД-28/8 с внешней топкой	ВГД-40/8 с внутренней топкой
Паропроизводительность (максимально длительная)	*кг/час*	400	700	1 000
Перегрев пара на выходе из парозапорного вентиля	град.	30—40	30—40	30—40
Поверхность нагрева котла	$м^2$	16	28	40
Водяной объем (при среднем уровне воды в стекле)	$м^3$	1,63	2,7	4,65
Паровой объем	„	0,57	0,8	1,3
Наружный диаметр корпуса котла	*мм*	1 200	1 500	1 836
То же, топочной камеры	„	900	1 200	1 350
Высота цилиндрической части корпуса котла	„	2 770	2 620	3 000
То же, топочной камеры	„	1 500	1 000	1 500
Число кипятильных труб диаметром 51/46	шт.	26	33	36
Число дымогарных труб диаметром 51/46	„	31	64	105

Продолжение табл. 9

Показатели	Единица измерения	Типы котлов		
		ВГД-16/8 с внутренней топкой	ВГД-28/8 с внешней топкой	ВГД-40/8 с внутренней топкой
Площадь колосниковой решетки	$м^2$	0,6	1,29	1,36
Диаметр дымовой трубы	*мм*	420	500	550
Высота котла	"	От основания до оси дымовой заслонки 3 460	От пола до верха дымовой коробки 5 340	От основания до верха промежуточного патрубка 4 310
Вес котла (без арматуры, дымовой коробки и колосников)	*кг*	1 800	2 400	4 000
Вес котла при гидравлическом испытании (без дымовой трубы и теплоизоляции)	"	4 370	6 050	В рабочем состоянии 11 600

Конструкция котлов ВГД предусматривает установку в топочной камере шамотных газонаправляющих кирпичей на чугунных опорных балочках. Отказ от установки этих газонаправляющих кирпичей влечет за собой понижение паропроизводительности и экономичности работы котла, повышение температуры газов в дымогарных трубах, что в свою очередь снижает надежность работы последних и может вызвать даже расстройство вальцовочных соединений.

Кроме котлов типа ВГД, выпускаются вертикальные котлы ММЗ и ШС-3.

Таблица 10

Основные характеристики вертикальных котлов

Тип котла	Поверхность нагрева в $м^2$	Паропроизводительность в *кг/час*	Размеры котла в *мм*		Вес в *кг*
			диаметр корпуса	высота	
ММЗ-0,4/8	15,3	400	1 100	3 490	2 765
ММЗ-0,7/8	22	700	1 350	3 785	3 448
ММЗ-1/8	28,5	1 000	1 550	4 035	4 310
ШС-3	15,7	450	1 152	3 030	1 870

Вертикальные котлы с внутренними топками рассчитаны на высокосортное топливо.

Котлы предназначены для работы с давлением пара не свыше 8 *ати*.

Высоту дымовой трубы для вертикального котла следует принимать не менее 12—15 *м*, а для возможности усиления работы котлов лучше применять трубы высотой до 18 *м*, считая от дымовой коробки.

Наружная поверхность котла должна быть изолирована мастичной теплоизоляцией толщиной не менее 50 *мм* с обтяжкой мешковиной или кожухом из тонколистовой стали с последующей окраской.

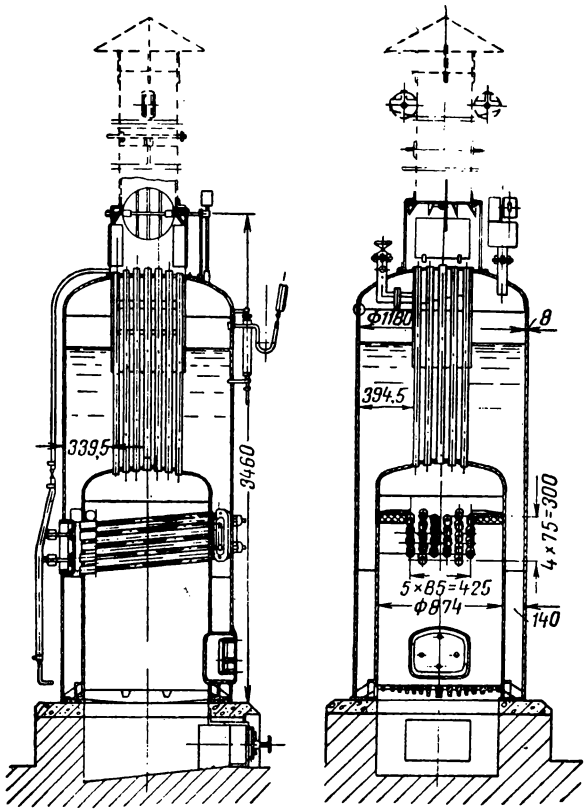


Рис. 6. Вертикальный водо-газотрубный паровой котел ВГД-16/8

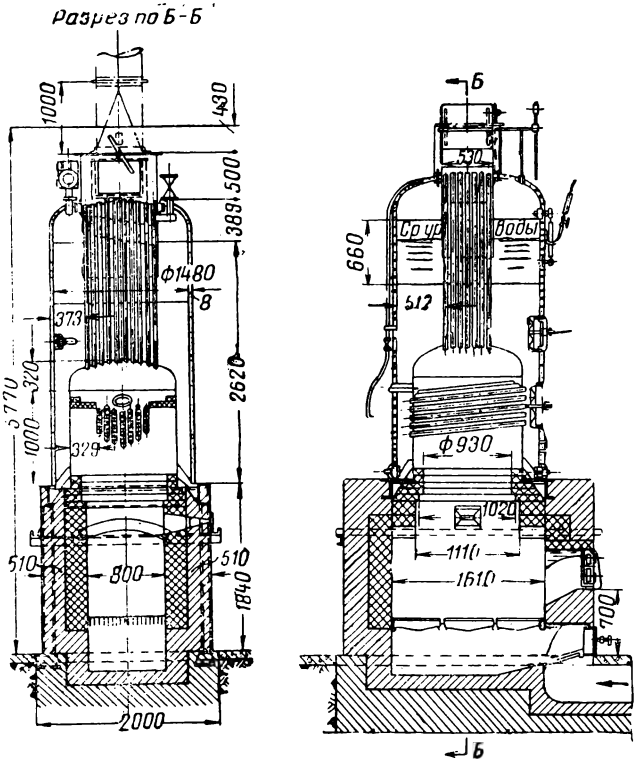


Рис. 7. Вертикальный водо-газотрубный паровой котел ВГД-28/8-УЛ с внешней топкой

2) Водотрубные котлы

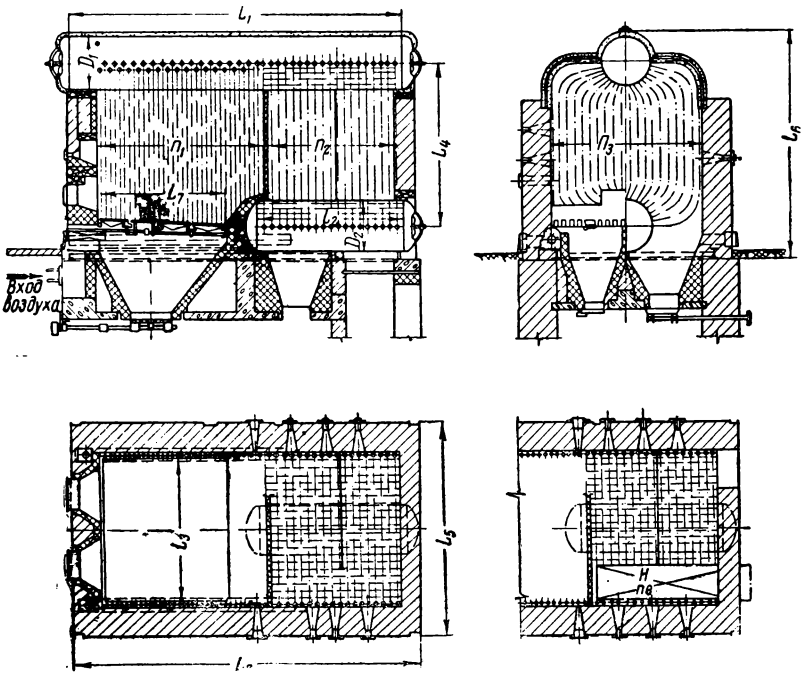


Рис. 8. Вертикально-водотрубный паровой котел ДКВ; план и разрезы

Таблица 11

Вертикально-водотрубные котлы ДКВ (рис. 8)

Показатели	Обозначения	Единица измерения	Котел ДКВ-2-8 без пароперегревателя	Котел ДКВ-4-13		Котел ДКВ-6,5-13		Котел ДКВ-10-13	
				без пароперегревателя	с пароперегревателем	без пароперегревателя	с пароперегревателем	без пароперегревателя	с пароперегревателем
Паропроизводительность	—	*т/час*	2	4	4	6,5	6,5	10	10
Рабочее давление пара	—	*ати*	8	13	13	13	13	13	13
Температура перегретого пара	—	град.	—	—	350	—	350	—	350
Полная поверхность нагрева котла	—	$м^2$	205	120,8	154	295,8	232	336	294

Продолжение табл. 11

Показатели	Обозначения	Единица измерения	Котел ДКВ-2-8 без пароперегревателя	Котел ДКВ-4-13		Котел ДКВ-6,5-13		Котел ДКВ-10-13	
				без пароперегревателя	с пароперегревателем	без пароперегревателя	с пароперегревателем	без пароперегревателя	с пароперегревателем
Поверхность пароперегревателя	—	$м^2$	—	—	58,4	—	99	—	56
Диаметр барабана (наружный)	D_1 и D_2	*мм*	1 032	1 032	1 032	1 032	1 032	1 032	1 032
Длина цилиндрической части верхнего барабана	L_1	„	4 006	5 508	5 508	7 500	7 500	7 500	7 500
То же, нижнего барабана	L_2	„	1 325	2 344	2 344	3 160	3 160	3 160	3 160
Диаметр труб экранов и котла	—	„	51/2,5	51/2,5	51/2,5	51/2,5	51/2,5	51/2,5	51/2,5
То же, пароперегревателя	—	„	—	—	38/3	—	38/3	—	38/3
Количество труб экранов и котла	—	шт.	268	462	386	682	538	—	—
Ширина котла по осям труб боковых экранов	L_3	*мм*	2 470	2 470	2 470	2 730	2 730	2 730	2 730
Расстояние между центрами барабанов	L_4	„	2 750	2 750	2 750	2 750	2 750	2 750	2 750
Ширина котла по обмуровке	L_5	„	3 570	3 570	3 570	3 830	3 830	3 830	3 830
Высота котла от основания опорной рамы до парового штуцера	L_6	„	3 986	3 986	3 986	3 986	3 986	6 311	6 311
То же, до верхней площадки	—	„	3 840	3 840	3 840	3 840	3 840	6 165*	6 165*
Длина котла по верху обмуровки (без экономайзера)	L_8	„	4 420	5 960	5 960	7 950	7 950	7 950	7 950
Водяной объем** котла	—	$м^3$	4,25	6,5	6,13	9,12	8,46	10,2	9,8
Вес металла котла	—	*кг*	5 117	7 526	8 193	10 629	11 997	12 389	13 581
Общий вес металла	—	„	8 570	11 290	12 632	15 053	16 731	21 400	22 915
Колосниковая решетка:									
длина	L_7	*мм*	1 525	2 136	2 136	2 200	2 200	2 600	2 600
ширина	—	„	2 200	2 200	2 200	3 050	3 050	3 660	3 660
площадь	—	$м^2$	3,35	4,69	4,69	6,7	6,7	9,5	9,5
Объем топки	—	$м^3$	10,9	13,4	13,4	20,9	20,9	40	40

* Высота котла от основания каркаса до верхней площадки.
** Водяной объем котла дан при среднем уровне воды в стекле

Котлы ДКВ реконструированы и со второго квартала 1958 г. поставляются в модернизированном исполнении (ДКВР) паропроизводительностью от 2,5 до 10 *т/час* на давление 13 *ати*.

Реконструированные котлы ДКВР комплектуются звуковым сигнализатором предельных уровней воды в верхнем барабане и автоматическим однопульсным регулятором питания.

На верхних барабанах котлов производительностью пара 2,5; 4 и 6,5 *т/час* установлен дополнительно один патрубок с вентилем для отбора проб пара.

Таблица 12

Сравнительные размеры реконструированных котлов ДКВР и ранее выпускавшихся ДКВ в *мм*

Наименование	ДКВР-2,5-13		ДКВР-4-13		ДКВР-6,5-13		ДКВР-10-13	
	до реконструкции производительностью 2 *т/час*	после реконструкции производительностью 2,5 *т/час*	до реконструкции	после реконструкции	до реконструкции	после реконструкции	до реконструкции	после реконструкции
Внутренний диаметр барабанов D_1 и D_2	1 004	1 000	1 004	1 000	1 004	1 000	1 004	1 000
Длина цилиндрической части верхнего барабана L_1	4 006	3 806	5 508	5 008	7 500	6 300	7 500	6 500
Длина цилиндрической части нижнего барабана L_2	1 325	1 167	2 344	1 800	3 160	2 665	3 160	3 000
Шаги кипятильных труб:								
вдоль оси котла	115	100	115	100	115	100	115	100
поперек оси котла	130	110	130	110	130	110	130	110
Ширина котла между осями труб боковых экранов L_3	2 470	2 100	2 470	2 100	2 730	2 730	2 730	2 730
Длина котла по обмуровке с топкой ПМЗ	4 420	4 190	5 960	5 410	7 950	6 672	7 950	7 000
Ширина котла по обмуровке L_5	3 570	3 200	3 570	3 200	3 830	3 830	3 830	3 830
Высота котла от подошвы опорной рамы до оси верхнего барабана	3 390	3 390	3 390	3 390	3 390	3 390	6 310*	6 310*

* Для котла ДКВР-10-13 — от пола котельной до оси верхнего барабана.

Таблица 13

Вертикально-водотрубные котлы типа КРШ

Показатели	Единица измерения	Котел КРШ-2-8 без пароперегревателя	Котел КРШ-4-13	
			без пароперегревателя	с пароперегревателем
Паропроизводительность	*т/час*	2	4	4
Рабочее давление пара	*ати*	8	13	13
Температура перегретого пара	град.	—	—	350
Полная поверхность нагрева котла	$м^2$	100	200	—
То же, пароперегревателя	"	—	—	34
Диаметр барабанов (наружный)	*мм*	900	900	900
Длина цилиндрической части верхнего барабана	"	2 740	4 480	4 480
То же, нижнего барабана	"	2 200	3 950	3 950
Диаметр труб экранов и котла	"	51/2,5	51/2,5	51/2,5
Количество экранных труб на фронтальной стене	шт.	15	30	30
Количество труб экранов и котла	"	240	480	480
Ширина топки (внутренняя)	*мм*	1 750	3 500	3 500

Продолжение табл. 13

Показатели	Единица измерения	Котел КРШ-2-8 без пароперегревателя	Котел КРШ-4-13	
			без пароперегревателя	с пароперегревателем
Расстояние между центрами барабанов	*мм*	2 738	2 738	2 738
Ширина котла по обмуровке	„	2 770	4 520	4 520
Высота котла до парового штуцера	„	4 700	4 810	4 810
Длина котла по обмуровке	„	5 210	5 210	5 210
Водяной объем котла	*м*³	3,76	6,5	—
Вес металла котла с каркасом	*кг*	4 520	7 660	—
Длина колосниковой решетки	*мм*	2 130	2 130	2 130
Площадь колосниковой решетки	*м*²	3,72	7,45	7,45
Объем топки	*м*³	9,5	20,7	20,7
Высота обмуровки по фронту котла	*мм*	3 750	3 750	—
То же, по задней стенке	„	4 445	4 445	—

Примечание. Котел КРШ-2-8 имеет две топочные дверки, котел КРШ-4-13 — три дверки. Котлы имеют фронтальные экраны.

Таблица 14

Вертикально-водотрубные котлы ТВД (рис. 10) **и ВВД** (рис. 9)

Показатели	Единица измерения	Котел ТВД-2,5/13	Котел ВВД-4/13	
			без пароперегревателя	с пароперегревателем $t_{пе}=300°$
Паропроизводительность	*т/час*	2,5	4	4
Рабочее давление пара	*ати*	13	13	13
Температура перегретого пара	град.	—	—	300
Полная поверхность нагрева котла	*м*²	123	155	155
То же, пароперегревателя	„	—	—	26
Диаметр верхнего барабана (наружный)	*мм*	1 200	1 200	1 200
То же, нижнего барабана	„	900	900	900
Длина цилиндрической части верхнего барабана	„	2 500	3 900	3 900
То же, нижнего барабана	„	2 500	3 500	3 500
Диаметр труб экранов и котла	„	76/3,5	76/3,5	76/3,5
То же, пароперегревателя	„	—	—	38/3
Общее количество труб	шт.	124	187	187
Ширина топки (внутренняя)	*мм*	1 600	2 600	2 600
Расстояние между центрами барабанов	„	4 500	3 800	3 800
Ширина котла по обмуровке	„	2 880	3 880	3 880
Высота „ „ „	„	5 900	5 500	5 500
Длина „ „ „	„	5 410	5 410	5 410
Водяной объем котла	*м*³	5,2	6,9	6,9
Вес металла котла с арматурой	*кг*	8 240	8 030	8 930
Вес каркаса (несущего)	„		1 150	1 150
Площадь колосниковой решетки	*м*²	3,52	5,54	5,54
Длина „ „	*мм*	2 200	2 130	2 130

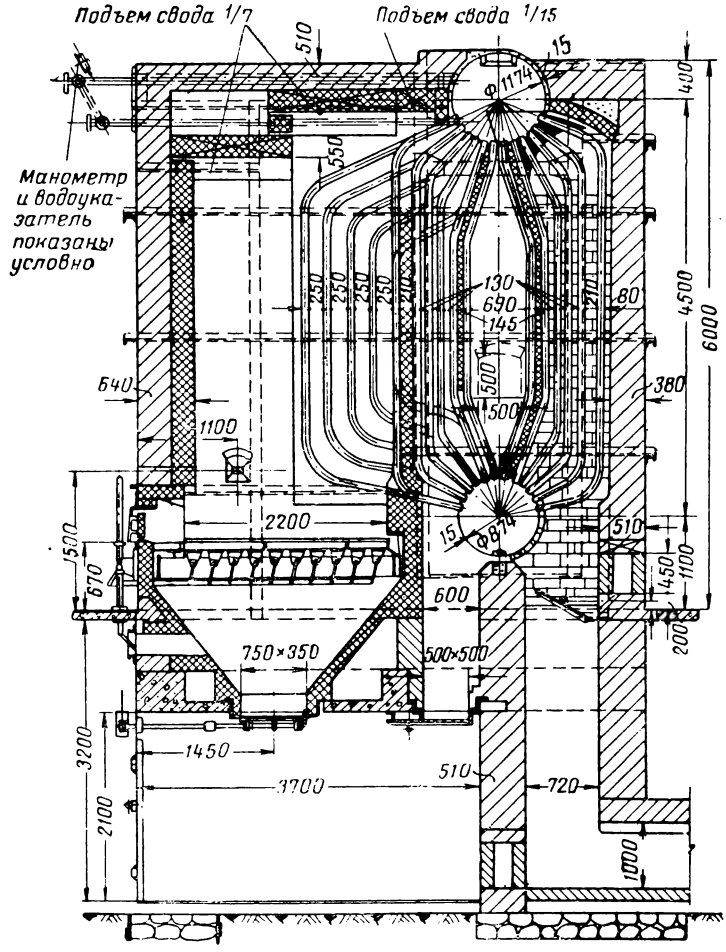


Рис. 10. Вертикально-водотрубный паровой котел (транспортабельный) ТВД-2,5/13 (компоновка с зольным этажом)

Таблица 15

Горизонтально-водотрубные котлы Шухова — Берлина (с производства сняты)

Показатели	Единица измерения	Серии котлов			
		А-2	А-3	А-5	А-7
Паропроизводительность	*т/час*	2—2,5	3,2—4	5,2—6,5	8—10
Рабочее давление пара	*ати*	13	13	13	13
Полная поверхность нагрева котла	*м²*	70	105	175	245
Диаметр барабана (наружный)	*мм*	900	900	900	900
Число секций в котле	шт.	2	3	5	7
„ кипятильных труб в секциях	„	24	24	24	24
Длина барабана	*мм*	2 962	3 432	4 360	5 240
Диаметр кипятильных труб	„	76/69	76/69	76/69	76/69
Ширина котла в свету	„	1 110	1 600	2 620	3 460
„ „ по обмуровке	„	2 390	2 860	3 800	4 740
Длина „ „ „	„	7 220	7 220	7 220	7 220
Высота „	„	6 800	6 800	6 800	6 800
Ширина колосниковой решетки	„	1 290	1 720	2 580	3 520
Водяной объем котла	*м³*	2,8	3,9	6,2	8,4
Вес котла без каркаса	*кг*	7 300	9 170	13 530	17 650
„ „ с каркасом	„	7 860	9 710	14 220	18 060
Число коллекторов на одну секцию	шт.	2	2	2	2
Диаметр коллекторов	*мм*	690	690	690	690
Длина кипятильных труб	„	5 560	5 560	5 560	5 560
Толщина стенок барабана	„	13	13	13	13
Диаметр труб, соединяющих коллектор с барабаном:					
задних		102	102	102	102
передних		108	108	108	108

Угол наклона кипятильных труб 20°.

Применение в котлах Шухова — Берлина внутрикотловой обработки воды возможно лишь при условии дополнительной установки грязевика.

На рис. 8—10 показаны котлы с бункерами для удаления золы через отдельные зольные помещения. Котлы паропроизводительностью 2 *т/час*, а также котлы паропроизводительностью 4 *т/час* при сжигании в них антрацитов и каменных углей с умеренной зольностью и небольшим содержанием серы могут быть установлены без устройства бункеров и зольных помещений.

II. ТОПКИ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Выбор топки определяется физико-химическими свойствами топлива, паропроизводительностью и конструкцией котельного агрегата.

Топки для сжигания твердого топлива можно разделить на два основных типа: слоевые и камерные.

Наибольшее распространение для котлов малой производительности имеют слоевые топки; они подразделяются на ручные, полумеханические и механические.

По расположению относительно котла слоевые топки подразделяются на внешние, внутренние и выносные.

Мазут и газ сжигаются в камерных топках.

Основными параметрами, характеризующими работу слоевых топок, являются:

а) видимое тепловое напряжение активной части зеркала горения

$$\frac{Q}{R} = \frac{BQ_н^р}{R} \text{ ккал/м}^2 \text{ час};$$

б) видимое тепловое напряжение топочного объема

$$\frac{Q}{V_т} = \frac{BQ_н^р}{V_т} \text{ ккал/м}^3 \text{ час},$$

где B — количество топлива в *кг/час*;

R — площадь колосниковой решетки в $м^2$;

$V_т$ — объем топочного пространства в $м^3$;

в) коэффициент избытка воздуха на выходе из топки $\alpha_т$;

г) потери тепла от химической (q_3) и механической (q_4) неполноты горения;

д) давление воздуха под решеткой;

е) температура воздуха под решеткой.

Часовой расход топлива определяется из выражения

$$B = \frac{D_{час}(i_п - i_{п.в}) + D_{пр}(i' - i_{п.в})}{Q_н^р \eta_{к.у}} \text{ кг/час},$$

где $D_{час}$ — часовая паропроизводительность котла в *кг/час*;

$D_{пр}$ — расход продувочной воды в *кг/час*;

$i_п$ — теплосодержание пара (перегретого или насыщенного) в *ккал/кг*;

i' — теплосодержание воды при температуре кипения;

$i_{п.в}$ — теплосодержание питательной воды;

$Q_н^р$ — низшая теплотворная способность рабочего топлива для твердого и жидкого топлива в *ккал/кг* и для газа в *ккал/нм*^{3}.

Рекомендации по выбору топок для сжигания различных видов топлива под котлами малой паропроизводительности приведены в табл. 16.

При выборе типа топок необходимо учитывать возможно более полную механизацию всех процессов. В связи с этим применение топок с ручным обслуживанием может допускаться лишь для котлов паропроизводительностью до 1 *т/час* и только в отдельных случаях до 2 *т/час*.

Высоту топочной камеры при слоевом сжигании топлива рекомендуется применять от 2,5 до 4 *м*.

Активная длина колосникового полотна должна быть: при ручной загрузке топлива — не более 2,3 *м*; при механизированной загрузке на неподвижную решетку — не более 3,5 *м*; при механизированной загрузке на движущуюся решетку — не менее 4,5 *м*.

Топочная камера, как правило, должна быть экранирована.

Температура газов при выходе из топки должна быть не выше температуры начала деформации золы сжигаемого топлива, что обеспечивает предупреждение шлакования топки.

Таблица 16

Рекомендуемые типы топок для сжигания различных видов топлива под котлами малой производительности

Топливо	Паропроизводительность котла в *т/час*		
	до 2	от 2 до 10	от 10 до 12
Антрацит (АРШ, АСШ, АС, АМ)	Топка с ручным забросом	Топка с пневмомеханическим забросом	Топка с цепной решеткой
Каменный уголь (ПЖ, Г, Д)	То же	То же; топка с шурующей планкой	Топка с пневмомеханическим забросом; топка с шурующей планкой
Бурый уголь умеренной влажности (до 15 %)	"	Топка с пневмомеханическим забросом; топка с шурующей планкой	Топка с пневмомеханическим забросом; топка с шурующей планкой
То же, высокой влажности (более 15 %)	"	Топка с пневмомеханическим забросом; топка с шурующей планкой	Шахтно-мельничная топка; топка с пневмомеханическим забросом
Торф кусковой	Шахтная топка с наклонным зеркалом горения; топка с ручным забросом и горизонтальными колосниками	Шахтная топка с наклонным зеркалом горения	Шахтная топка с наклонным зеркалом горения; шахтно-цепная топка
" фрезерный	Вихревая топка	Шахтно-мельничная топка	Шахтно-мельничная топка
Дрова	Шахтная топка с наклонным зеркалом горения; топка с ручным забросом и горизонтальными колосниками	Шахтная топка с наклонным зеркалом горения	Шахтная топка с наклонным зеркалом горения
Древесные отходы	Финская топка с наклонным зеркалом горения	Скоростная топка ЦКТИ системы Померанцева; финская топка с наклонным зеркалом горения	Скоростная топка ЦКТИ системы Померанцева
Сланцы	Ручная или шахтная топка полумеханическая	Наклонно-переталкивающая топка; шахтно-мельничная топка	Шахтно-мельничная топка
Мазут	Форсунки с паровым распылителем	Форсунки с паровым распыливанием	Форсунки с паровым распыливанием; форсунки с механическим распыливанием
Газ	Эжекционные горелки	Эжекционные горелки; факельные горелки с принудительной подачей воздуха	Факельные горелки с принудительной подачей воздуха

2. ТОПКИ С РУЧНЫМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ

1) Внешняя топка для сжигания антрацита и каменных углей к водотрубным котлам

Колосниковая решетка для сжигания антрацита и каменных углей состоит из плитчатых колосников с концентрированным подводом воздуха через равномерно распределенные отверстия с суммарным живым сечением, равным 12% от площади решетки (рис. 11).

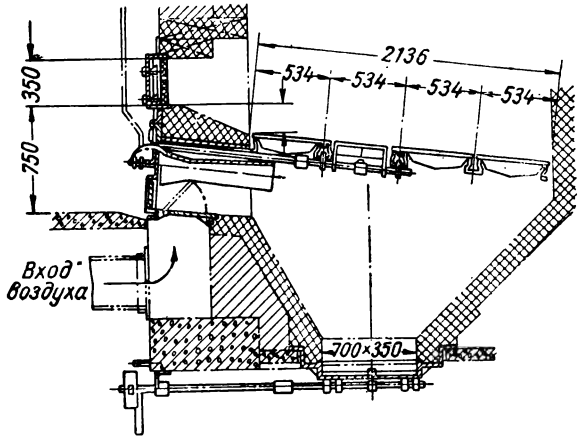


Рис. 11. Внешняя топка для сжигания антрацита и высокосортных каменных углей к водотрубным котлам

Конструкция топки предусматривает возможность применения вентиляторного и паро-воздушного дутья.

Паро-воздушное дутье применяется в период растопки для предохранения колосников от перегревания и периодически — для предотвращения заливки решетки шлаком.

Расход пара на дутье составляет от 8 до 10% от паропроизводительности котла при давлении пара не менее 5 *ати*.

Топочная камера выполняется открытой. Высота ее должна быть равной 3 000—3 500 *мм*.

Толщина слоя топлива (без шлаковой подушки) зависит от влажности и крупности кусков и должна примерно составлять: при антрацитах — от 50 до 125 *мм*, при крупных фракциях каменных углей — 200 *мм*.

Для удобства очистки топок рекомендуется применять топки с опрокидными колосниками и шлаковыми бункерами.

Зольниковое пространство необходимо разделять в продольном направлении перегородками на отдельные зоны по числу загрузочных дверец во избежание большого снижения паропроизводительности котла в период чистки решетки от шлаков.

Таблица 17

Типоразмеры колосниковых решеток по ГОСТ 3493-46 для сжигания антрацита, каменных и бурых углей

Тип решетки	Число рядов колосников	Длина решетки в *м*	Площадь решетки в $м^2$ при ширине в *м*									
			0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,8	2	2,5	3	3,5
Решетка с поворотными колосниками для антрацита и каменного угля	4	2,136	1,5	1,92	2,35	2,78	3,42	3,84	4,27	5,34	6,4	7,48
	3	1,602	1,14	1,44	1,76	2,08	2,56	2,88	3,2	4	—	—
Решетка без поворотных колосников для антрацита и каменного угля	4	2,136	1,5	1,92	2,35	2,78	3,42	3,84	4,27	5,34	6,4	7,48
	3	1,602	1,14	1,44	1,76	2,08	2,56	2,88	3,2	4	—	—
	2	1,068	0,75	0,96	1,18	1,39	—	—	—	—	—	—
Решетка с поворотными колосниками для бурых углей	5	2,67	1,87	2,4	2,94	3,47	4,78	4,8	5,34	6,68	8	9,35
	4	2,136	1,5	1,92	2,35	2,78	3,42	3,84	4,27	5,34	6,4	7,48
	3	1,602	1,12	1,44	1,76	2,08	2,56	2,88	3,2	4	—	—

Таблица 18

Теплотехнические характеристики внешних топок для сжигания антрацита, каменных и бурых углей, торфа и дров

Сорт топлива	Коэффициент избытка воздуха в топке $\alpha_т$	Видимое тепловое напряжение зеркала горения $\frac{Q}{V}$ в *ккал/м²час*	Видимое тепловое напряжение топочного объема $\frac{Q}{V}$ в *ккал/м³ час*	Потеря от химической неполноты сгорания q_3 в %	Потеря от механической неполноты сгорания q_4 в %	Давление воздуха под решеткой в *мм* вод.ст.	Разрежение в топке в *мм* вод. ст.
Антрацит сортированный АС и АМ	1,3	$900 \cdot 10^3$	$300 \cdot 10^3$	2	7	100	3
Антрацит несортированный АРШ	1,5	$800 \cdot 10^3$	$300 \cdot 10^3$	2	14	100	3
Каменные угли рядовые:							
тощие	1,4	$700 \cdot 10^3$	$250 \cdot 10^3$	3	6	80	3
типа Д, Г, ПЖ и ПС	1,4	$800 \cdot 10^3$	$300 \cdot 10^3$	5	7	80	3
Бурые угли рядовые:							
влажные, многозольные (типа подмосковного)	1,4	$700 \cdot 10^3$	$300 \cdot 10^3$	3	11	100	3
умеренной влажности и зольности (типа челябинского)	1,4	$800 \cdot 10^3$	$300 \cdot 10^3$	2	7	100	3
Торф влажностью не выше 40%	1,4	$700 \cdot 10^3$	$250 \cdot 10^3$	3	2	60	При дутье 3, без дутья 5—8
Дрова влажностью не выше 40%	1,4	$700 \cdot 10^3$	$250 \cdot 10^3$	3	1	Без дутья	3—5

2) Внешняя топка для сжигания бурых углей к водотрубным котлам

Решетка для сжигания бурых углей состоит из плитчатых колосников с живым сечением отверстий, равным 15—18% от площади решетки (рис. 12).

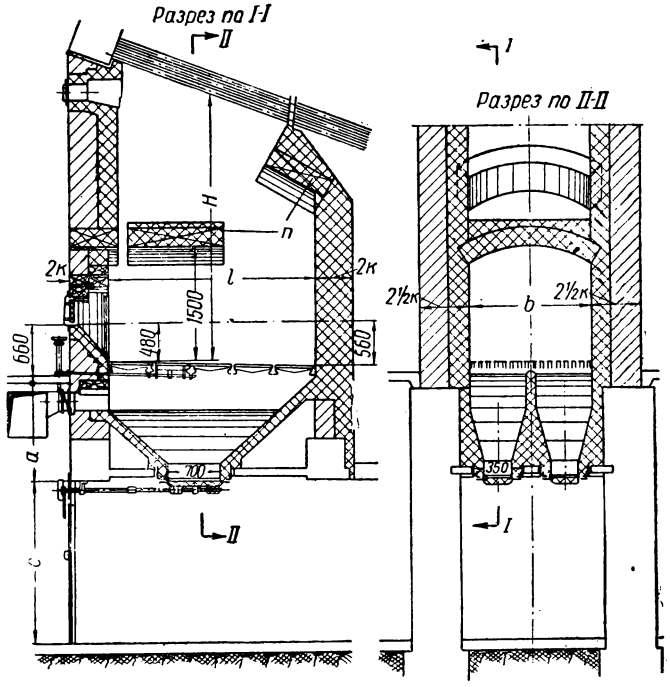


Рис. 12. Внешняя топка для сжигания бурых углей к водотрубным котлам

Конструкция топки предусматривает вентиляторное дутье.

При сжигании влажных бурых углей в целях повышения температуры топочной камеры последняя частично перекрывается отражательными сводиками.

Толщина слоя подмосковного угля поддерживается в топке, равной примерно 500 *мм*.

Во избежание снижения паропроизводительности котла в период чистки зольниковое пространство разделяется в продольном направлении на зоны по числу загрузочных дверец.

Ввиду большой зольности бурых углей топки для сжигания их должны иметь опрокидные колосники для спуска золы и шлака в шлаковый бункер, откуда шлак и зола после заливки водой удаляются.

Размеры колосниковых решеток для сжигания бурых углей, ширина b и длина l (рис. 12) приведены в табл. 17 и выбираются в зависимости от ширины котла и его производительности.

Высота топки H принимается равной 3 000—3 500 *мм*.

Размеры зольного помещения и шлакового бункера принимаются c=2 000 *мм* и a=1 000—1 500 *мм* (рис. 12).

3) Внешняя горизонтальная топка с брусчатыми колосниками к водотрубным котлам для сжигания дров и торфа (рис. 13).

Решетки составляются из брусчатых колосников и устанавливаются с уклоном $^1/_{10}$—$^1/_{20}$ по направлению от загрузочной дверцы.

Зазоры между колосниками для дровяной топки принимаются 20—30 *мм*, для торфяной топки 10—15 *мм*.

Наибольшая зона обслуживания через одну дверцу 1 200 *мм*.

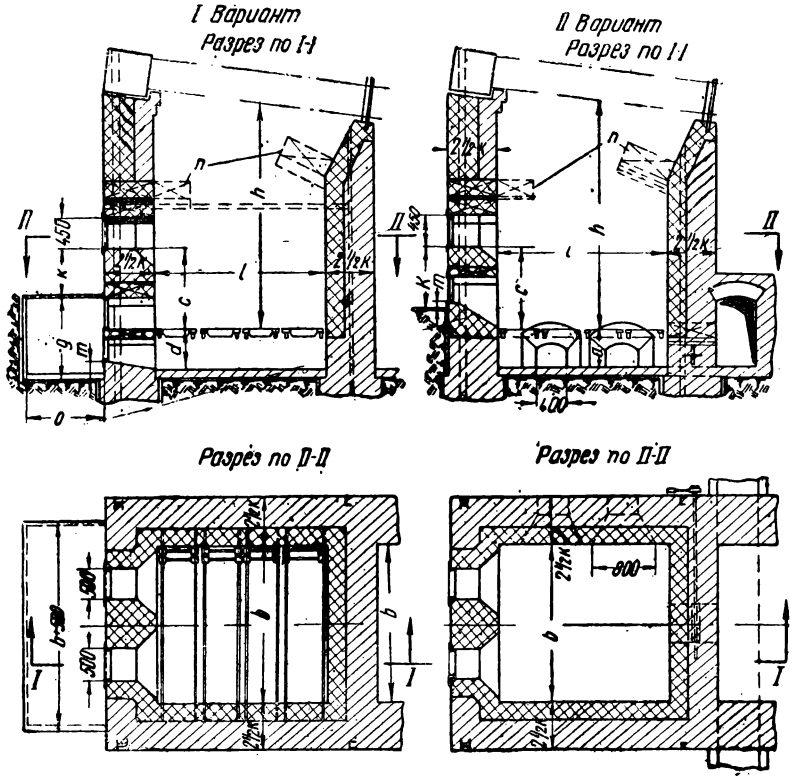


Рис. 13. Внешняя топка для сжигания торфа и дров с горизонтальным зеркалом горения

Высота топочной камеры должна быть не менее 2,5—3 *м*.

Сжигание торфа и дров осуществляется без вентиляторного дутья. Последнее применяется только при наличии в торфе большого количества мелочи. Воздух поступает через поддувальные дверцы.

Толщина слоя дров принимается 500—1 400 *мм* в зависимости от размеров поленьев и их влажности.

При влажности дров и торфа более 40% топки перекрываются сводиками.

Теплотехнические характеристики топок были приведены в табл. 18.

Таблица 19

Основные конструктивные размеры внешней топки для сжигания торфа и дров с горизонтальным зеркалом горения (рис. 13)

Обозначения	*b*	*c*	*d*	*g*	*k*	*l*	*m*	*o*	*h*
Торфяная топка									
Нормальная величина в *мм*	В зависимости от внутренней ширины котла	750	500	750	650	2 000	150	1 000	3 000
Пределы изменения в *мм*	То же	600—900	300—600	150—850	550—850	1 000—2 500	100—200	800—2 000	2 500—3 200
Дровяная топка									
Нормальная величина в *мм*	„	1 000	500	1 000	650	2 200	150	1 000	3 000
Пределы изменения в *мм*	„	800—1 400	300—600	650—1 350	550 850	1 200 2 500	100—200	800 2 000	2 500—3 200

3. ПОЛУМЕХАНИЧЕСКИЕ ТОПКИ

1) Полумеханическая топка с пневмомеханическими забрасывателями ПМЗ системы ЦКТИ (рис. 14)

В полумеханических топках с пневмомеханическими забрасывателями ПМЗ сжигаются сортированные и рядовые бурые, и каменные угли различных марок с выходом летучих более 20% при содержании мелких фракций (0—6 *мм*) до 55%.

Дробление угля должно производиться заранее до размера кусков 30—40 *мм*.

Сортированные и рядовые антрациты также сжигаются в топке ПМЗ, но с пониженной экономичностью ввиду больших потерь с уносом из топки несгоревшего топлива.

Топка ПМЗ состоит из горизонтальной неподвижной решетки с качающимися колосниками для сжигания каменных и бурых углей или с поворотными плитчатыми колосниками для сжигания антрацита.

Устанавливается один или несколько пневмомеханических забрасывателей из расчета один забрасыватель на 900—1 000 *мм* ширины топки. Максимальная производительность забрасывателя 700—750 *кг/час* угля.

Забрасыватель представляет собой вращающийся ротор с лопастями. Питатель плунжерного типа помещается в общем корпусе с ротором.

Мелкие фракции топлива дополнительно развеиваются вторичным воздухом, подводимым через специальные сопла.

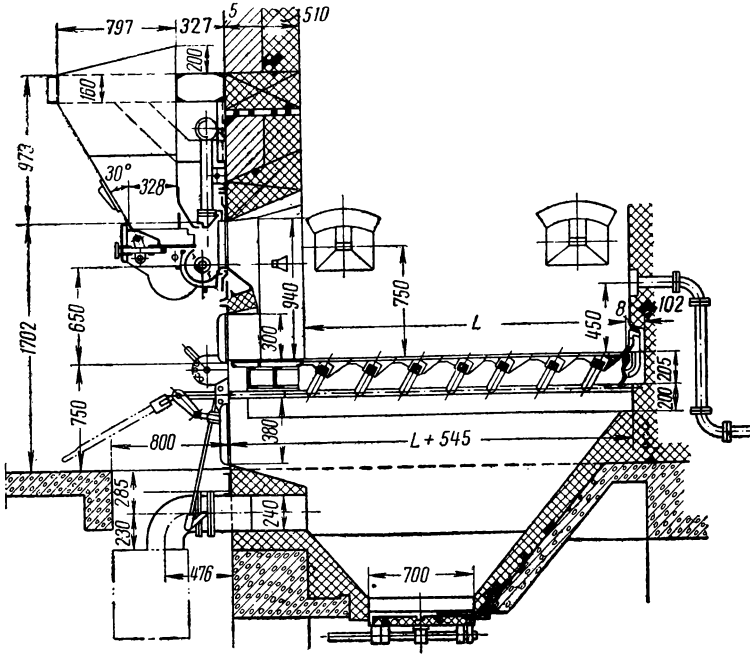


Рис. 14. Полумеханическая топка с пневмомеханическим забрасывателем ПМЗ системы ЦКТИ

Совмещение механического и пневматического принципов заброса топлива создает возможность равномерного распределения угля на решетке и частичного сжигания мелких фракций во взвешенном состоянии.

Вторичный воздух к соплам забрасывателей и под решетку подается от дутьевого вентилятора. Необходимое давление воздуха перед соплами забрасывателя 50 *мм* вод. ст.

Топка приводится в действие от электромотора мощностью 1 *квт*.

При сжигании каменного и бурого угля рекомендуется подогрев воздуха до 200°, а при сжигании антрацита подогрев воздуха не требуется.

Теплотехнические характеристики топок с пневмомеханическими забрасывателями приведены в табл. 20.

Типоразмеры топок ПМЗ приведены в табл. 21.

Таблица 20

Теплотехнические характеристики полумеханических топок

Тип топки и род топлива	Коэффициент избытка воздуха в топке $\alpha_т$	Видимое тепловое напряжение зеркала горения $\frac{Q}{R}$ в *ккал/м² час*	Видимое тепловое напряжение топочного объема $\frac{Q}{V}$ в *ккал/м³ час*	Потеря от химической неполноты сгорания q_3 в %	Потеря от механической неполноты сгорания q_4 в %	Давление воздуха под решеткой в *мм* вод. ст.	Температура дутьевого воздуха в град.
Топка с пневмомеханическими забрасывателями							
Антрацит АРШ	1,6	$900 \cdot 10^3$	$250 \cdot 10^3$	0,5	18	100	25
Каменные угли с выходом летучих более 25 % . .	1,4	$900 \cdot 10^3$	$250 \cdot 10^3$	1	7	60	25
Бурые угли:							
типа челябинского . .	1,4	$900 \cdot 10^3$	$250 \cdot 10^3$	1	7	60	25—200
„ подмосковного .	1,4	$800 \cdot 10^3$	$250 \cdot 10^3$	1	11	60	25—200
Топка с шурующей планкой							
Каменные угли с выходом летучих более 25% . . .	1,4	$900 \cdot 10^3$	$250 \cdot 10^3$	2	7	100	25
Бурые угли:							
типа челябинского . .	1,4	$800 \cdot 10^3$	$250 \cdot 10^3$	1	6	100	25—200
„ подмосковного .	1,4	$700 \cdot 10^3$	$250 \cdot 10^3$	1	9	100	25—200
Шахтные топки с наклонным зеркалом горения							
Торф влажностью 40 % .	1,4	$1\,100 \cdot 10^3$	$250 \cdot 10^3$	2	2	60	25—200
Дрова влажностью 40 % .	1,4	$1\,100 \cdot 10^3$	$250 \cdot 10^3$	2	1	Без дутья	25—200
Шахтные топки с наклонной ступенчатой решеткой							
Древесные отходы и опилки влажностью 50 % . .	1,4	$500 \cdot 10^3$	$250 \cdot 10^3$	3	1	80	25—200
Скоростная топка (ЦКТИ системы Померанцева)							
Дробленые отходы и опилки влажностью 40—50 %	1,3	$2\,000 \cdot 10^3$	$300 \cdot 10^3$	3	1	100	25—200
Рубленая щепа влажностью 40—50%	1,2	$5\,000 \cdot 10^3$	$300 \cdot 10^3$	2	1	70	25—200

Таблица 21

Типоразмеры топок с пневмомеханическим забросом ПМЗ

Наименование топки	Размеры решетки в *мм*		Число забрасывателей	Площадь решетки в $м^2$
	ширина	длина		
ПМЗ-1-1100/2135	1 100	2 135	1	2,35
ПМЗ-1-1100/3050	1 100	3 050	1	3,36
ПМЗ-2-1800/1525	1 800	1 525	2	2,74
ПМЗ-2-1800/2135	1 800	2 135	2	3,85
ПМЗ-2-1800/2745	1 800	2 745	2	4,94
ПМЗ-2-2200/1525	2 200	1 525	2	3,35
ПМЗ-2-2200/2135	2 200	2 135	2	4,7
ПМЗ-2-2200/2745	2 200	2 745	2	6,05
ПМЗ-2-2200/3050	2 200	3 050	2	6,71
ПМЗ-3-2600/1525	2 600	1 525	3	3,97
ПМЗ-3-2600/2135	2 600	2 135	3	5,54
ПМЗ-3-2600/2440	2 600	2 440	3	6,35
ПМЗ-3-2600/2745	2 600	2 745	3	7,15
ПМЗ-3-2600/3050	2 600	3 050	3	7,93
ПМЗ-3-2600/3660	2 600	3 660	3	9,5
ПМЗ-3-3100/2135	3 100	2 135	3	6,61
ПМЗ-3-3100/2745	3 100	2 745	3	8,51
ПМЗ-3-3236/3050	3 236	3 050	3	9,86
ПМЗ-4-3500/2135	3 500	2 135	4	7,47
ПМЗ-4-3500/2440	3 500	2 440	4	8,54
ПМЗ-4-3500/2745	3 500	2 745	4	9,61

2) Полумеханическая топка с шурующей планкой (рис. 15)

В топке с шурующей планкой механизированы основные топочные процессы: подача топлива, шуровка слоя и удаление шлаков.

В топке сжигаются спекающиеся каменные и бурые угли.

Топочное устройство состоит из плоского неподвижного полотна, набранного из отдельных колосников, по которому возвратно-поступательно движется трехгранная шурующая планка с помощью двух цепей-толкателей.

Мощность, потребляемая шурующей планкой одной решетки, 3,5 *квт*.

Топка допускает применение горячего дутья до 200°, которое является необходимым при сжигании бурых углей с большой влажностью.

3) Шахтные топки с наклонным зеркалом горения для сжигания торфа и дров (рис. 16 и 17)

Шахтные топки с наклонным зеркалом горения допускают сжигание топлива с повышенным содержанием влаги: торфа кускового и в смеси с фрезерным — влажностью до 50%, дров — влажностью до 40%.

Шахтная топка состоит из загрузочной воронки, вертикальной кирпичной шахты, двух рядов наклонных брусчатых или плитчатых

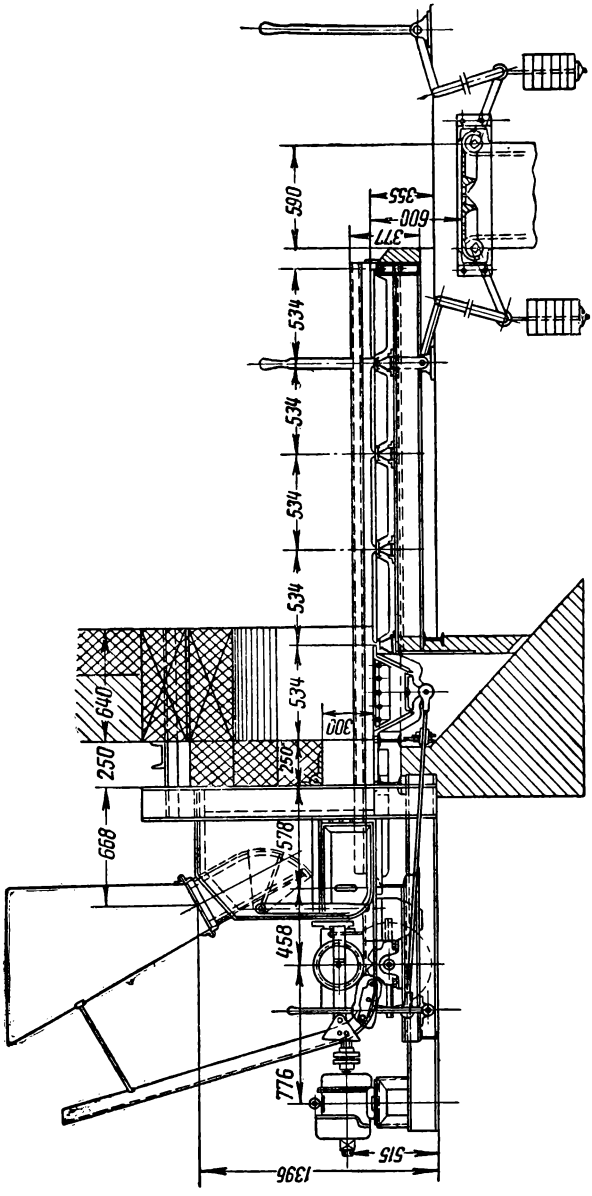


Рис. 15. Топка с шурующей планкой системы Васильева

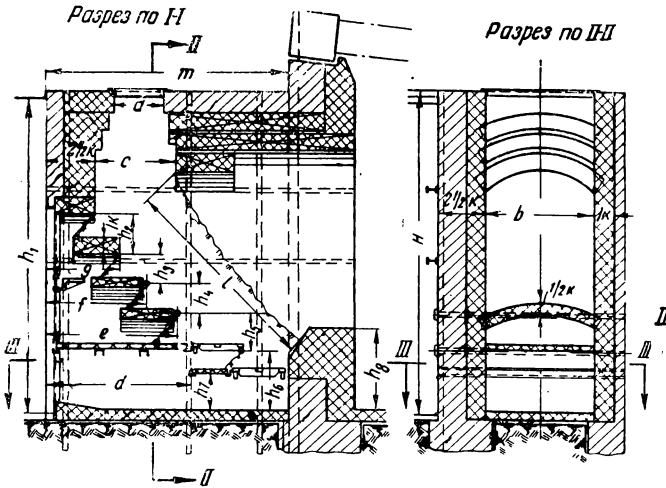
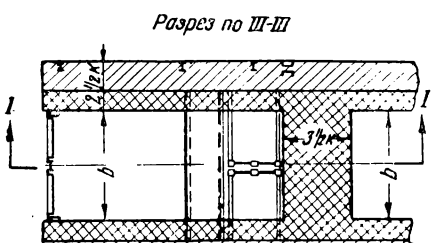
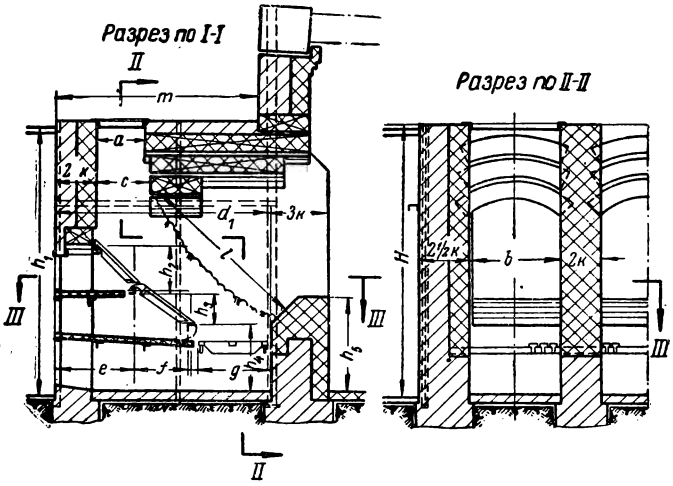


Рис. 16. Шахтная топка для сжигания торфа с наклонным зеркалом горения





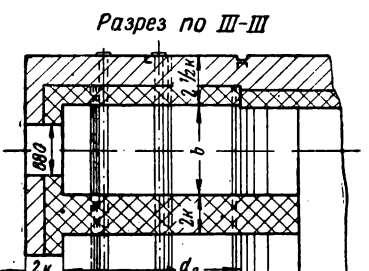


Рис. 17. Шахтная топка для сжигания дров с наклонным зеркалом горения

Таблица 22

Типоразмеры шахтных топок с наклонным зеркалом горения для сжигания торфа и дров (по ГОСТ 3682-47)

Тип топки	Длина решетки в *м*	Площадь решетки в $м^2$ при ширине в *м*								
		0,9	1,1	1,15	1,3	1,6	1,65	1,8	2	2,3
Шахтная торфяная топка:										
с нормальным зеркалом горения . .	2,54	2,7	3,3	—	3,9	4,8	—	5,4	6	6,9
с сокращенным зеркалом горения . .	2,38	2,34	2,6	—	3,35	4,15	—	4,68	5,2	5,98
Шахтная дровяная топка:										
с нормальным зеркалом горения . .	2,405	2,7	—	3,45	—	—	4,95	—	—	—
с сокращенным зеркалом горения . .	2,17	2,16	—	2,76	—	—	3,98	—	—	—

Таблица 23

Основные конструктивные размеры шахтных топок для сжигания торфа и дров

Обозначения	Торфяная топка (рис. 16)		Дровяная топка (рис. 17)	
	нормальная величина в *мм*	пределы изменения в *мм*	нормальная величина в *мм*	пределы изменения в *мм*
a	650	600—800	615	550—750
b	Выбирается по ширине котла		1 200	900—1 700
c	1 050	800—1 200	700	600—800
d	1 900	—	—	—
d_1	—	—	2 750	2 400—3 100
d_2	—	—	2 240	1 890—2 590
e	1 700	—	1 035	—
f	1 300	—	670	—
g	1 000	—	980	—
h_1	3 750	2 950—3 950	3 400	2 900—3 900
h_2	515	—	670	—
h_3	345	—	500	—
h_4	345	—	800	—
h_5	450	—	1 250	—
h_6	755	655—855	—	—
h_7	500	400—600	—	—
h_8	1 000	—	—	—
H	4 000	3 200—4 200	3 600	3 100—4 100
l	2 800	2 300—3 000	2 500	2 000—3 000
m	3 200	2 000—3 500	2 600	2 100—3 100

колосников, одного или двух рядов горизонтальных колосников и порога. В местах, подвергающихся сильному нагреву, в качестве опорных балок для колосников используют трубы, охлаждаемые водой, а в менее нагреваемых местах устанавливаются чугунные балки.

Шахтные топки изготовляются с нормальным и сокращенным зеркалом горения.

Обычно шахтные топки работают без вентиляторного дутья, а в случае применения его фронтовые дверки делают уплотненными.

По конструкции шахтные топки для дров и торфа сходны между собой. В шахтной топке для дров колосники наклонены под углом 45°, а для торфа — под углом около 40°. При сжигании дров устанавливается один ярус горизонтальных колосников, при сжигании торфа — два яруса. Ширина топки для дров определяется длиной поленьев — 0,75; 1; 1,5 *м*. Во избежание застревания дров ширина шахты принимается равной длине полена + 150 *мм*.

Толщина слоя топлива в шахтных топках составляет для кускового торфа 500—700 *мм*, для кускового торфа в смеси с фрезерным — 250—300 *мм*, для дров — 500—1 000 *мм*.

Живое сечение колосников для дров и торфа составляет 18—23% от площади зеркала горения.

Зеркалом горения в шахтной топке является наклонная плоскость, длина которой измеряется расстоянием от огневого свода до порога.

4) Шахтная топка с наклонной ступенчатой решеткой для сжигания древесных отходов (рис. 18 и 19)

Древесные отходы и опилки в чистом виде сжигаются в шахтных топках с наклонными ступенчатыми колосниками.

Топка состоит из загрузочной воронки, вертикальной шахты и ряда наклонных колосников, расположенных ступенями под углом наклона, обеспечивающим сползание топлива вниз на дожигательные горизонтальные колосники. Угол наклона ступенчатой решетки при сжигании древесной мелочи 38—40°, при сжигании опилок в чистом виде — около 30°.

Толщина слоя топлива: древесных отходов 300—400 *мм*, опилок 200 *мм*.

Обычно древесные отходы сжигаются без вентиляторного дутья, но в случае наличия большого содержания влажных опилок или опилок в чистом виде необходимо применять вентиляторное дутье с подогревом воздуха до 200°.

5) Скоростная топка ЦКТИ системы Померанцева (рис. 20)

Древесные отходы с повышенной влажностью успешно сжигаются в скоростной топке ЦКТИ системы Померанцева.

Особенностью топки Померанцева является наличие зажатого слоя топлива, через который продувается воздух под давлением 150 *мм* вод. ст. с подогревом до 250°.

В указанных топках сжигается также кусковой торф с большим содержанием мелочи.

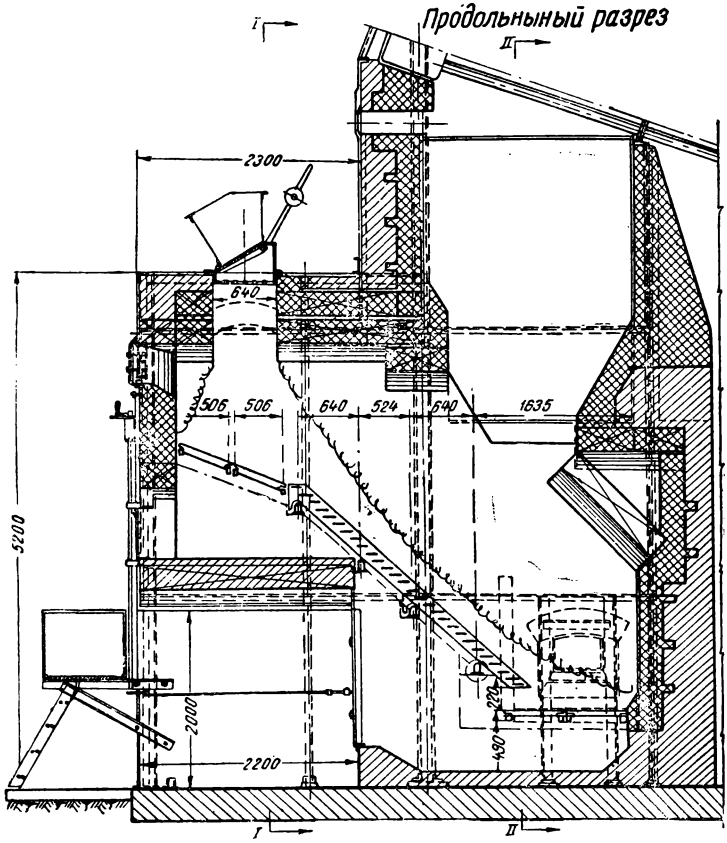


Рис. 18. Шахтная топка со ступенчатыми колосниками для сжигания древесных отходов (продольный разрез)

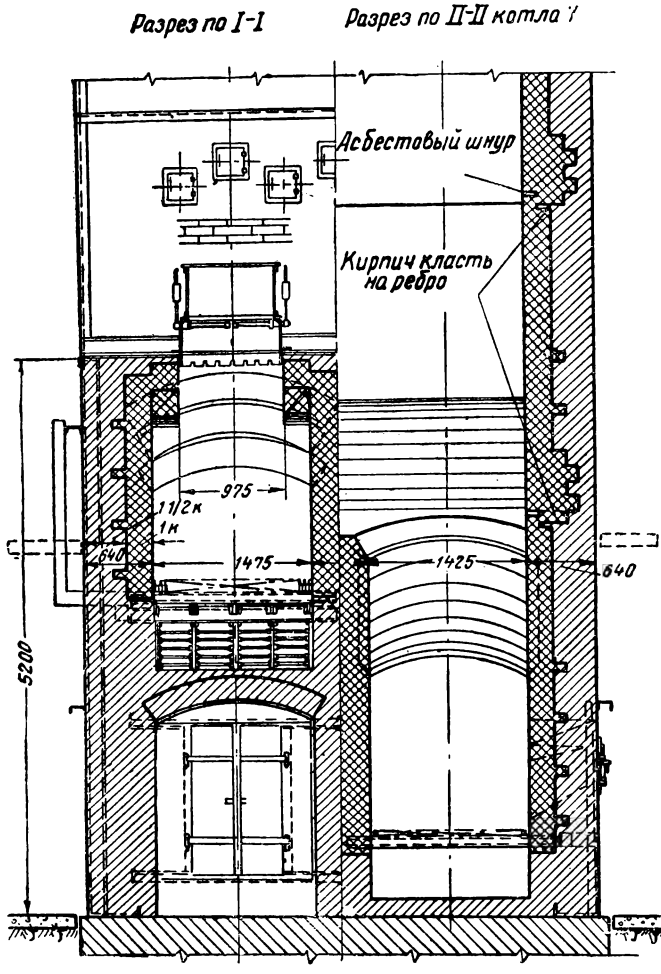


Рис. 19. Шахтная топка со ступенчатыми колосниками для сжигания древесных отходов (поперечный разрез)

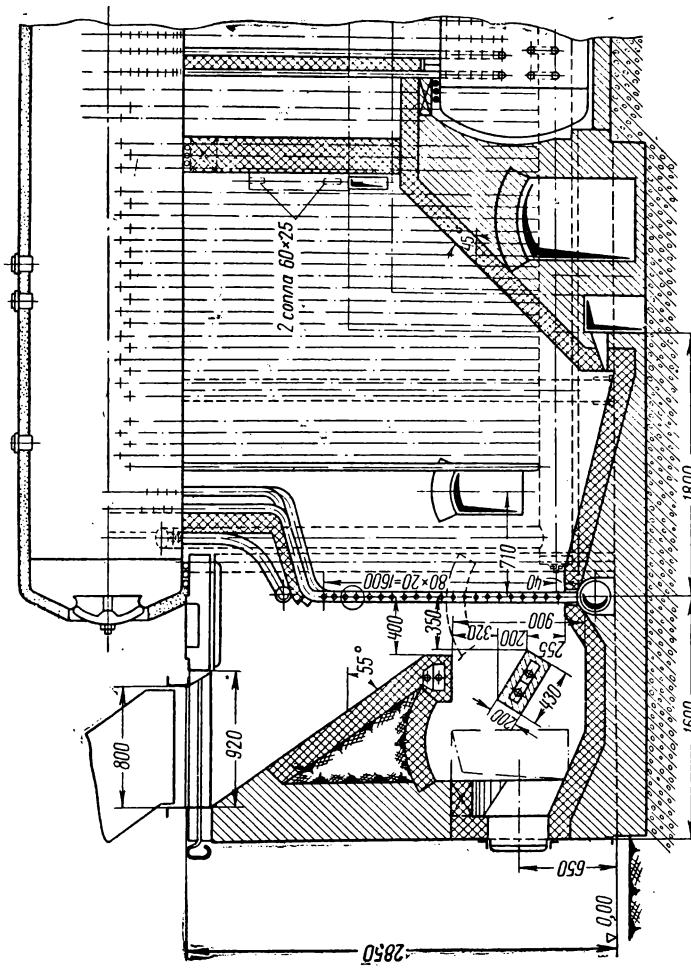


Рис. 20. Скоростная топка ЦКТИ системы Померанцева

Расчетная площадь зеркала горения определяется как произведение расстояния от пода шахты до пережима на ее ширину.

4. МЕХАНИЧЕСКИЕ ТОПКИ

1) Беспровальная цепная решетка БЦР-М (рис. 21)

Для сжигания различных видов топлива (сортированных антрацитов и АРШ, каменных углей слабой и умеренной спекаемости, бурых углей зольностью до 25%, кускового торфа и кускового торфа с присадкой до 25% фрезерного торфа) могут применяться беспровальные цепные решетки БЦР-М конструкции ЦКТИ.

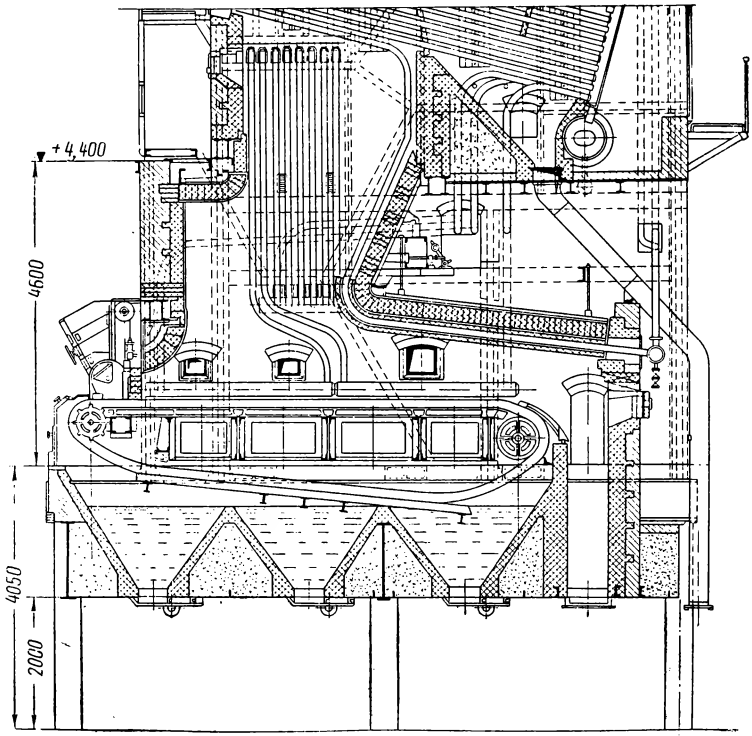


Рис. 21. Беспровальная цепная решетка БЦР-М для сжигания антрацита

Применение этих решеток рекомендуется главным образом при сжигании антрацитов под котлами производительностью 6,5; 10 и 12 *т/час*, так как при такой производительности котлов сжигание антрацитов в полумеханических топках с пневмомеханическим забросом ПМЗ не дает достаточно экономичных результатов и применяется как вынужденное решение.

Беспровальные цепные решетки выпускаются двух типов: для каменных углей и для торфа.

Топочные камеры топок с цепными решетками при сжигании антрацитов и каменных углей рекомендуется оборудовать сводами, высоко поднятым передним и низко опущенным задним, перекрывающими около половины колосникового полотна.

При сжигании на цепных решетках кускового торфа и кускового торфа с присадкой фрезерного торфа топки оборудуются предтопками, в которых происходит подсушка топлива.

При сжигании каменных и бурых углей с большим содержанием мелочи применяются факельно-слоевые двухступенчатые топки системы ВТИ — Комега, в которых вместо угольного ящика к цепной решетке БЦР ставится пневматический забрасыватель с разгонной плитой.

Рекомендуется применение вторичного дутья в количестве 8—15% от необходимого для горения воздуха.

Скорость выхода этого воздуха из сопел принимается 40—60 *м/сек*. Для факельно-слоевых топок количество вторичного воздуха может быть увеличено до 20—25%.

Для котлов производительностью 6,5—12 *т/час* могут быть рекомендованы беспровальные цепные решетки БЦР-М, изготовляемые Кусинским машиностроительным заводом следующих типоразмеров:

Ширина в *мм*	Длина в *мм*	Активная площадь зеркала горения в $м^2$
1 230	5 500	5,7
1 630	5 500	7,4
2 000	5 500	9
2 370	5 500	10,8
3 110	5 500	14

2) Наклонно-переталкивающие решетки

Для сжигания сланцев и бурых углей машиностроительным заводом в Таллине изготовляются наклонно-переталкивающие решетки системы Ломшакова—Круль (ЛК) (рис. 22). Для котлов малой производительности тот же завод выпускает упрощенные (ЛКУ) и малые (ЛКМ) наклонно-переталкивающие решетки.

5. КАМЕРНЫЕ ТОПКИ

1) Шахтно-мельничные топки

Для сжигания под котлами производительностью 6—12 *т/час* и выше каменных углей с выходом летучих более 30%, бурых углей, сланцев и фрезерного торфа применяются шахтно-мельничные топки.

Схема установки шахтной мельницы представлена на рис 23.

Необходимо предварительное дробление топлива до кусков размером 15—20 *мм*.

Подсушка топлива осуществляется в процессе размола и производится горячим воздухом или смесью воздуха и газов из котла.

Таблица 24

Теплотехнические характеристики механических топок

Тип топки и род топлива	Коэффициент избытка воздуха в топке $\alpha_т$	Видимое тепловое напряжение зеркала горения $\frac{Q}{R}$ в *ккал/м²час*	Видимое тепловое напряжение топочного объема $\frac{Q}{V}$ в *ккал/м³час*	Потеря от химической неполноты сгорания в % q_3	Потеря от механической неполноты сгорания в % q_4	Давление воздуха под решеткой в *мм* вод. ст.	Температура дутьевого воздуха в град.
Беспровальная цепная решетка БЦР-М							
Антрацит типов:							
АС и АМ	1,3	$1\,000 \cdot 10^3$	$300 \cdot 10^3$	0	7	100	25—150
АРШ и АСШ	1,5	$800 \cdot 10^3$	$300 \cdot 10^3$	0	14	100	25—150
Каменный уголь неспекающийся типов Д и Г . . .	1,3	$1\,000 \cdot 10^3$	$250 \cdot 10^3$	1	6	80	25—200
То же, слабоспекающийся типа СС	1,3	$900 \cdot 10^3$	$250 \cdot 10^3$	1	5	80	25—200
Бурый уголь типа челябинского	1,3	$900 \cdot 10^3$	$250 \cdot 10^3$	1	5	80	250
Шахтно-цепная топка							
Торф кусковой влажностью 45—50%	1,3	$1\,500 \cdot 10^3$	$250 \cdot 10^3$	1	2	80	250
Наклонно-переталкивающие решетки							
Бурый уголь влажностью до 40%	1,3	$700 \cdot 10^3$	$250 \cdot 10^3$	1	7	60	200
Эстонские и гдовские сланцы	1,4	$800 \cdot 10^3$	$200 \cdot 10^3$	3	3	60	200

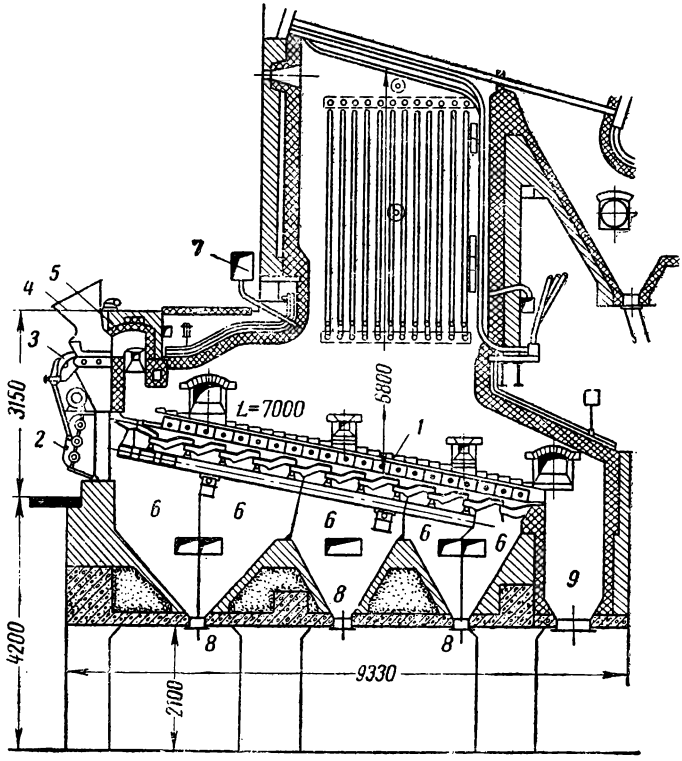


Рис. 22. Наклонно-переталкивающая решетка системы Ломшакова—Круль (ЛК)

1 — колосники решетки; *2* — привод тележек; *3* — управление тележками; *4* — предтопочный бункер; *5* — предтопочная шахта; *6* — зоны подачи воздуха; *7* — вторичное острое дутье; *8* — шиберы для спуска провала; *9* — бункер для шлака

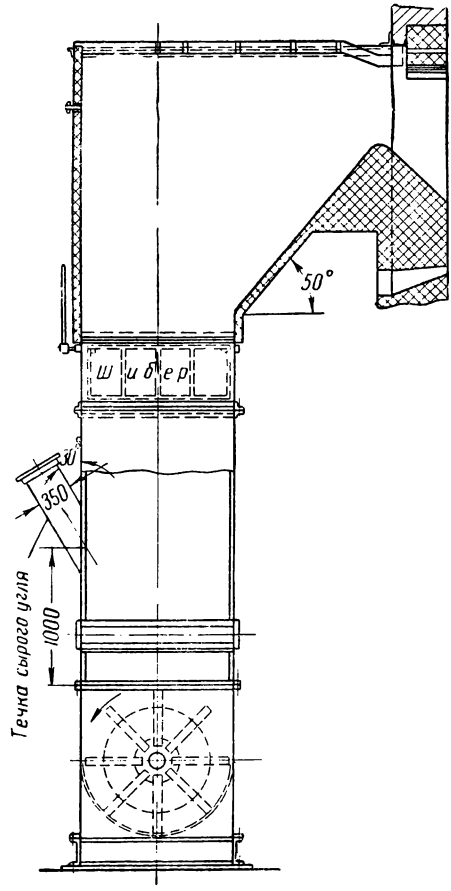


Рис. 23. Схема установки шахтной мельницы

Температура сушильного агента определяется в зависимости от влажности топлива. Изготовляемые в настоящее время шахтные мельницы допускают применение сушильного агента с температурой не выше 350°.

Длину факела следует выбирать не менее 7—10 *м*, а глубину топки — не менее 4 *м*.

На каждый котел следует устанавливать по две мельницы, причем каждая из них выбирается из расчета обеспечения 75%-ной номинальной производительности котла.

Амбразуры шахтно-мельничных топок следует устанавливать возможно ближе к холодной воронке. Минимальное расстояние от боковой грани крайних амбразур до внутренних боковых стен должно быть не менее 400 *мм*.

Верхние сопла вторичного дутья рекомендуется располагать с уклоном вниз под углом 45—55°, а нижние — вверх под углом 25—35°.

Скорость выхода первичного воздуха из амбразур принимается 4—6 *м/сек*, а вторичного воздуха из сопел — 20—40 *м/сек*.

Сопла на задней топочной стенке располагаются на уровне амбразур горизонтально или с наклоном вниз до 15°. Скорость выхода воздуха из этих сопел принимается 35—45 *м/сек*.

При сжигании фрезерного торфа 10—15% подаваемого в топку воздуха подводится в устье холодной воронки со скоростью 5—6 *м/сек*.

Оси шахтных мельниц располагаются параллельно фронтовой стенке топки.

Подача топлива в шахту производится при помощи скребкового или пластинчатого питателя.

Растопка котла, работающего с шахтно-мельничной топкой, производится при помощи муфельных или мазутных горелок.

Шахтные мельницы изготовляются на Черновицком машиностроительном заводе двух типов: с аксиальным подводом воздуха ШМА (рис. 24) и с тангенциальным подводом воздуха ШМТ (рис. 25).

Таблица 25

Типоразмеры шахтных мельниц

Тип мельницы	Размеры ротора в *мм*		Производительность на бурых углях в *т/час*	Число об/мин	Активное сечение ротора в $м^2$	Число бил	Мощность электродвигателя в *квт*
	диаметр	длина					
ШМА- 800/391	800	391	1,5	960	0,313	21	20
ШМА-1 000/470	1 000	470	3	960	0,47	32	28
ШМА-1 000/707	1 000	707	5	960	0,707	44	42
ШМА-1 300/944	1 300	944	8	730	1,23	56	75
ШМТ-1 000/470	1 000	470	3	980	0,47	24	40
ШМТ-1 000/707	1 000	707	5	975	0,707	33	75
ШМТ-1 000/944	1 000	944	8	975	0,944	42	95

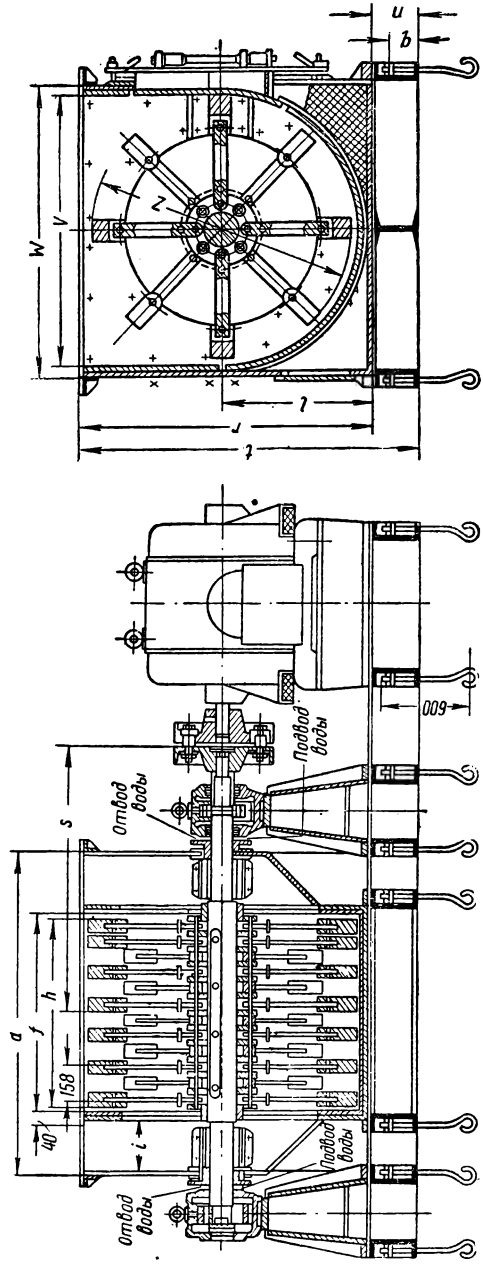


Рис. 24. Шахтная мельница ШМА с аксиальным подводом воздуха

Таблица 26

Габаритные размеры шахтных мельниц типа ШМА (рис. 24)

Тип мельниц	Размеры в *мм*												
	d	*f*	*q*	*n*	*h*	*i*	*l*	*r*	*s*	*t*	*v*	*w*	*z*
ШМА- 800/391	830	430	100	200	391	160	455	885	890	1 095	850	910	800
ШМА-1000/470	990	510	100	200	470	200	560	1 090	980	1 300	1 060	1 120	1 000
ШМА-1000/707	1 230	750	100	200	707	200	560	1 090	1 100	1 300	1 060	1 120	1 000
ШМА-1300/944	1 590	990	140	240	944	260	710	1 400	1 334	1 650	1 360	1 420	1 300

Таблица 27

Габаритные размеры шахтных мельниц типа ШМТ (рис. 25)

Тип мельниц	Размеры в *мм*					
	А	*Б*	*В*	*Е*	*Ж*	*И*
ШМТ-1000/470	3 025	715	940	736	516	470
ШМТ-1000/707	3 490	832,5	1 125	975	755	707
ШМТ-1000/944	3 820	950	1 170	1 210	990	944

Таблица 28

Теплотехнические характеристики камерных топок

Тип топки и род топлива	Коэффициент избытка воздуха в топке $\alpha_т$	Допустимое по условиям горения тепловое напряжение топочного объема $\frac{Q}{V}$ в *ккал/м³час*	Потеря от химической неполноты сгорания в % q_3	Потеря от механической неполноты сгорания в % q_4
Шахтно-мельничные топки				
Каменные угли с выходом летучих более 30 % . . .	1,25	$130 \cdot 10^3$	0,5	6
Бурые угли	1,25	$150 \cdot 10^3$	0,5	2
Сланцы гдовские и эстонские	1,25	$120 \cdot 10^3$	0,5	1,5
Сланцы волжские . .	1,25	$140 \cdot 10^3$	1	3
Фрезерный торф	1,25	$150 \cdot 10^3$	1	2
Камерная топка системы Колобанова				
Фрезерный торф	1,4	$300 \cdot 10^3$	4	3
Экранированная топка для сжигания мазута, природного и нефтяного газа . .	1,15	$250 \cdot 10^3$	1,5—2	—
Неэкранированная топка для сжигания мазута, природного и нефтяного газа . .	1,15	$200 \cdot 10^3$	1—1,5	—

2) Камерная топка системы Е. В. Колобанова

Для сжигания фрезерного торфа применяют камерную топку системы Е. В. Колобанова (рис. 26).

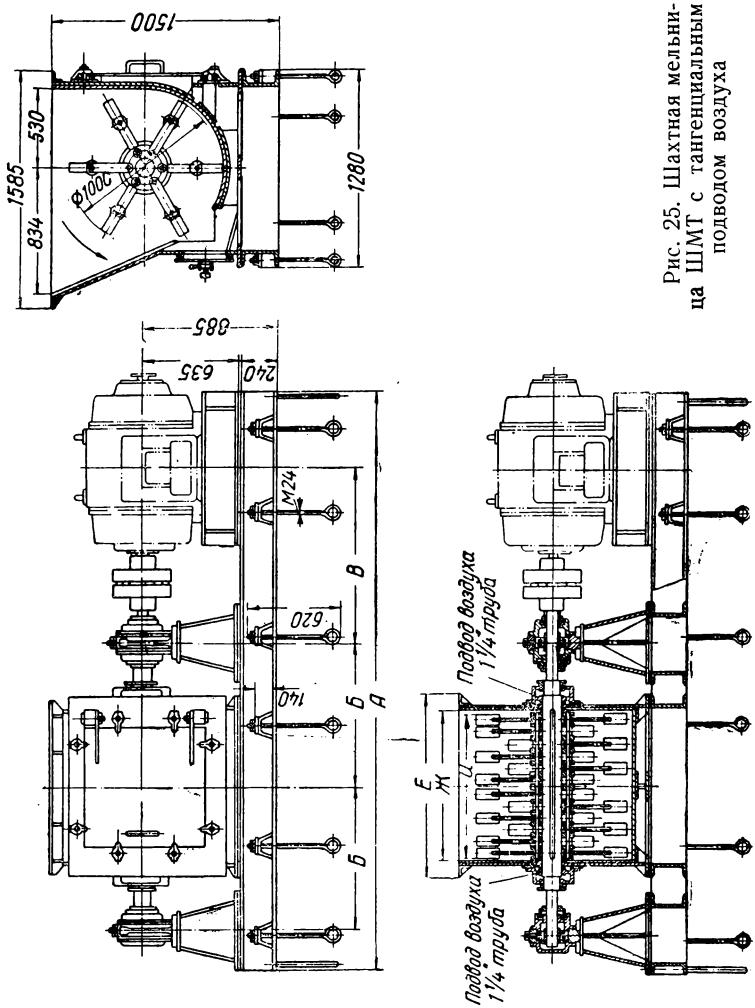


Рис. 25. Шахтная мельница ШМТ с тангенциальным подводом воздуха

Фрезерный торф из предтопочного бункера при помощи барабанного питателя тонким слоем направляется на наклонную стенку топки. В нижней части этой стенки имеется щель, через которую подается воздух. Подсушенные мелкие частицы фрезерного торфа подхватываются потоком воздуха и сгорают в топочной камере. Более крупные частицы торфа, подсушиваясь, сползают на установленную в конце наклонной стенки колосниковую решетку, на которой и сгорают.

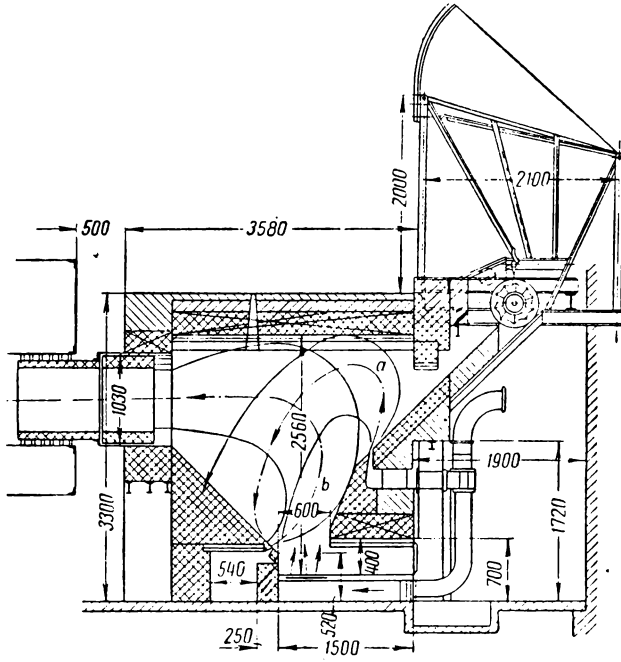


Рис. 26. Камерная топка системы Е. В. Колобанова

Воздух, необходимый для горения, подогревается до температуры 180—200° и с давлением 50—60 *мм* вод. ст. подается как в щель, так и под решетку.

Недостатком топки является большой унос золы топлива в газоходы котла, что вызывает увеличение затрат на обдувку.

Топка допускает сжигание фрезерного торфа влажностью до 50—53%.

На колосниковой решетке необходимо поддерживать очаг горения с помощью кускового торфа.

3) Топки для сжигания газа

В топках паровых котлов сжигается как природный, так и искусственный газ.

Топочная камера для сжигания газа выполняется открытой без каких-либо сводов и выступов для увеличения прямой отдачи.

Стены топочной камеры экранируются. Для лучшего зажигания газа часть боковых экранов закрывается стенкой из огнеупорного кирпича, выложенной с проемами. В случае сжигания газа в неэкранированной топке стены ее должны быть футерованы высокосортным шамотным кирпичом класса А с малой толщиной швов (1—2 *мм*).

Так как подача газа может временно прекращаться, необходимо предусматривать возможность сжигания в топке твердого или жидкого топлива.

При переводе котлов, оборудованных топками с горизонтальными решетками,, на сжигание газа горизонтальные решетки должны быть защищены от воздействия высоких температур.

Для этого на колосниковую решетку укладывается в одну плашку красный кирпич, поверх насыпается слой котельного шлака в 150—200 *мм* и затем укладывается огнеупорный кирпич слоем в 130 *мм*. Газовые горелки устанавливаются на фронтовой стенке топки.

При наличии цепной решетки полотно ее, цепи и ролики снимаются, на станину укладывается листовая сталь с защитным слоем сверху из шлака и кирпича.

Газовые горелки при этом устанавливаются на боковых стенках топки на высоте 0,7 *м* от пода.

Для каждой котельной строится газорегулирующая подстанция (ГРП). На подстанции устанавливаются автоматические регуляторы давления, газомер и другие контрольно-измерительные приборы.

Весь воздух, необходимый для горения, подается через горелки в корень факела.

Горелка должна работать надежно и бесшумно, давать короткий факел и хорошее перемешивание газа и воздуха.

Воздух желательно подавать подогретым до 200—300°, но в мелких установках допускается работа горелки и на холодном воздухе.

В котельных установках применяются факельные эжекционные горелки, в которых необходимый для горения воздух поступает за счет энергии истечения газовой струи, и факельные горелки с принудительной подачей воздуха от вентилятора.

Таблица 29

Технические характеристики эжекционных многосопловых горелок полного предварительного смешения

Номер горелки	Давление газа перед соплами в *мм* вод. ст.	Расход природного газа в *нм³/час*	Скорость истечения в *м/сек*			Коэффициент регулирования производительности
			газа из сопел	газо-воздушной смеси в эжекторе	газо-воздушной смеси при выходе из горелки	
4	5 000	25,4	292	14,5	21,5	1
	4 000	23,4	270	13,4	19,8	1,08
	3 000	20,7	238	11,9	17,5	1,22
	2 000	18,3	212	10,5	15,6	1,36
	1 500	15,6	180	8,9	13,2	1,62
	1 000	13,3	148	7,6	11,2	1,9
9	8 000	125	350	16	23,2	1
	5 000	101	292	13,4	19,4	1,2
	4 000	96	270	12,4	17,9	1,3
	3 000	85	238	11	15,8	1,47

Эжекционные горелки применяются главным образом в мелких котельных установках, так как с увеличением производительности они получаются громоздкими. Это затрудняет применение их в котельных установках с котлами производительностью 10 *т/час* и более. При пониженных нагрузках эжекционные горелки работают с повышенным избытком воздуха, что увеличивает потери с уходящими газами. Недостаток эжекционных горелок — значительный шум при их работе.

На рис. 27 показана эжекционная многосопловая горелка № 4 полного предварительного смешения, в которой весь воздух, необходимый для горения, смешивается с газом в эжекторе. Горелка имеет воздушное охлаждение.

На рис. 28 показана такого же типа горелка № 9 большей производительности с водяным охлаждением носика.

Эжекторы горелок изготовляются из стальных труб, носики — из чугуна, сопловые горелки — из чугуна или стали. Подача воздуха регулируется заслонкой, передвигающейся вдоль эжектора.

На рис. 29 показано переоборудование секционного отопительного котла «Универсал» для сжигания газа при помощи эжекционных многосопловых горелок полного предварительного смешения.

Устанавливаются две горелки по фронту котла в отверстии шуровочных дверок. Колосниковая решетка футеруется шамотным кирпичом в один ряд плашмя. С целью создания раскаленной излучающей поверхности на футерованную поверхность колосниковой решетки насыпается слой мелких кусков шамотного кирпича.

Таблица 30

Эжекционные многосопловые горелки полного предварительного смешения к отопительным котлам «Универсал»

Наименования	Поверхность нагрева котла в $м^2$					
	12,4	16,8	21,2	25,6	30	34,4
Теплопроизводительность котла в *ккал/час*	112 000	151 000	191 000	230 000	270 000	310 000
Расход газа в $нм^3/час$	15,5	21	26,5	31,7	37,5	43
Номер горелки	2	2	3	3	4	4
Количество горелок	2	2	2	2	2	2

Таблица 31

Техническая характеристика эжекционных горелок полного предварительного смешения для вертикально-цилиндрических котлов

Номер горелки	Количество горелок	Поверхность нагрева котла в $м^2$	Производительность котла в *кг/час*	Расход газа в $нм^3/час$	Производительность горелки в $нм^3/час$		Давление газа в *мм* вод. ст.		Диаметр котла D в *мм*	Длина факела до пода l в *мм*	Размеры горелки в *мм*		Диаметр направляющей стальной газовой трубы в дюймах
					минимальная	максимальная	минимальное	максимальное			d_1	d_2	
2	2	10	250	22	5,7	11	1 000	5 000	850	400	46	60	3
3	2	16,5	400	36	9,1	19,8	1 000	7 000	850	400	57	75,5	4
4	2	25	625	55	13,3	28,1	1 000	7 000	1 345	500	67	88,5	4
5	2	35	850	77	20,8	40,8	1 500	8 000	1 345	500	78	102	5

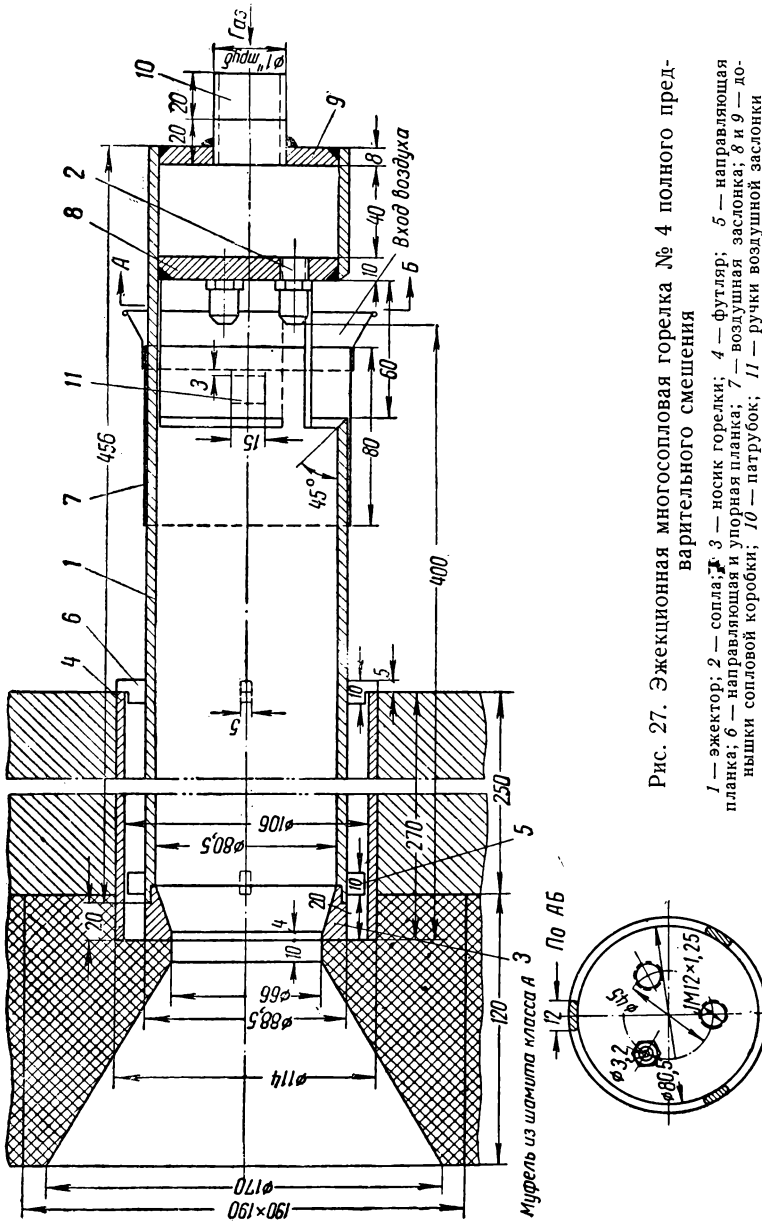


Рис. 27. Эжекционная многосопловая горелка № 4 полного предварительного смешения

1 — эжектор; *2* — сопла; *3* — носик горелки; *4* — футляр; *5* — направляющая планка; *6* — направляющая и упорная планка; *7* — воздушная заслонка; *8* и *9* — дополнительные сопловой коробки; *10* — патрубок; *11* — ручки воздушной заслонки

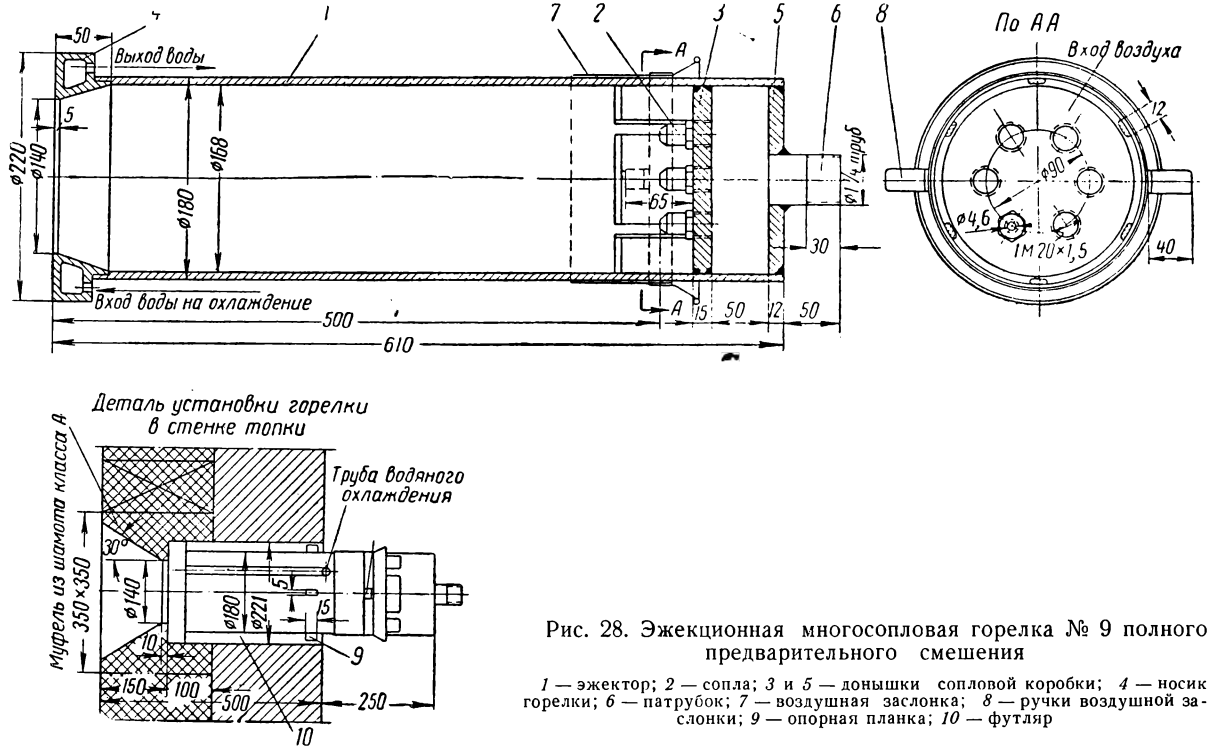
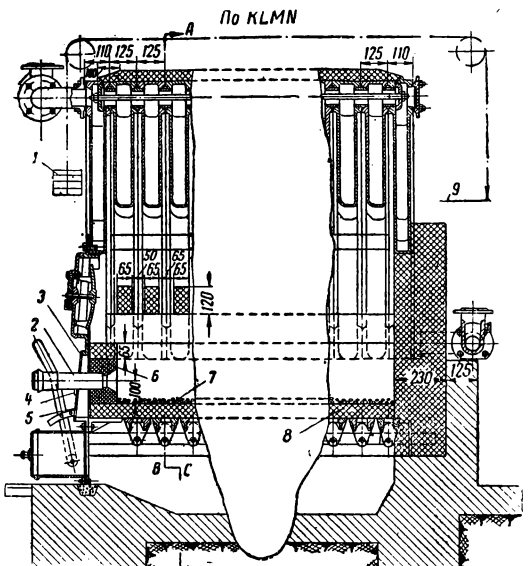


Рис. 28. Эжекционная многосопловая горелка № 9 полного предварительного смешения

1 — эжектор; *2* — сопла; *3* и *5* — донышки сопловой коробки; *4* — носик горелки; *6* — патрубок; *7* — воздушная заслонка; *8* — ручки воздушной заслонки; *9* — опорная планка; *10* — футляр



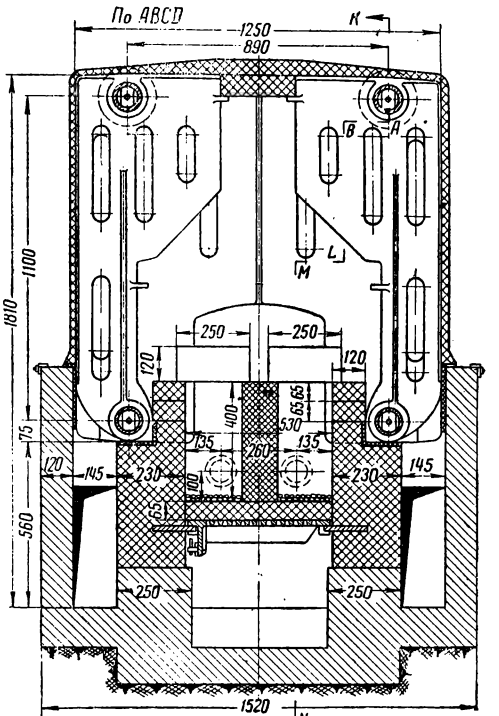


Рис. 29. Переоборудование котла „Универсал“ для сжигания природного газа

1 — противовес шибера; *2* — эжекционная многосопловая горелка; *3* — установка фронтового моста из листовой стали вместо шуровочной дверки; *4* — упор; *5* — отверстие для входа воздуха на охлаждение горелок; *6* — горелочный кирпич; *7* — мелкобитый шамот (слой 25 *мм*); *8* — выстилка из шамотного кирпича класса А; *9* — трос к шиберу

На рис. 30 показан переоборудованный вертикально-цилиндрический котел типов Шухова, Шухова — Сарафа, Добрина и т. п. на сжигание природного газа. В топке снимается колосниковая решетка, закладывается кирпичом углубление поддувального пространства, под и стенки топки футеруются шамотным кирпичом. В отверстия поддувала в специальных горелочных кирпичах устанавливаются эжекционные горелки полного предварительного смешения. Сжигание газа происходит на горке из битого шамотного кирпича, что способствует нагреву топки.

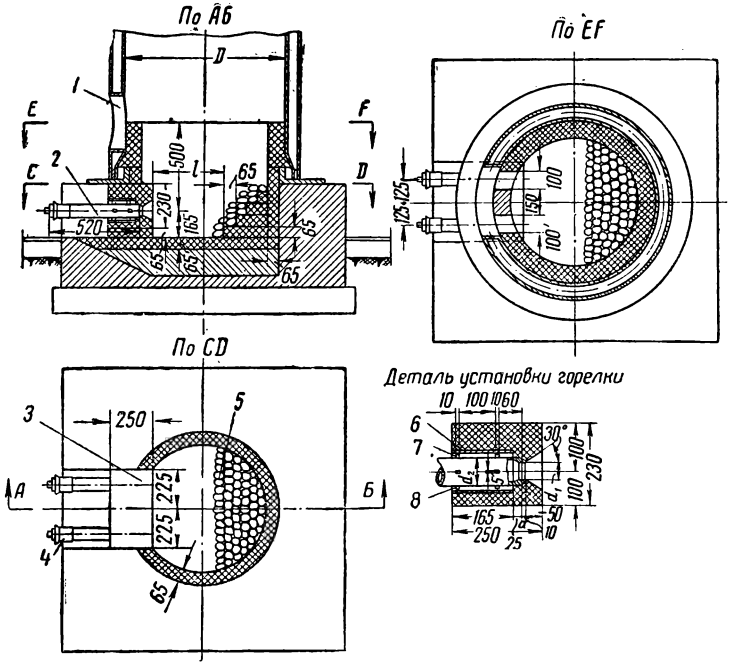


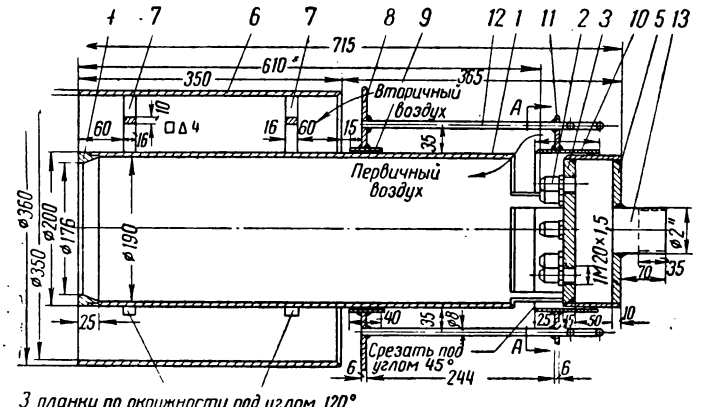
Рис. 30. Переоборудование вертикально-цилиндрических котлов для сжигания газа

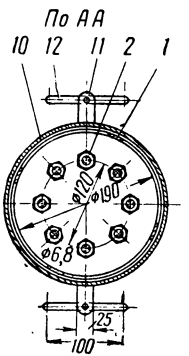
1 — отверстие топочной дверки; *2* и *4* — эжекционная горелка; *3* — горелочный кирпич; *5* — горка из битого шамотного кирпича; *6* — направляющая труба; *7* — зазор для воздушного охлаждения; *8* — направляющие

В котлах большей производительности типов ДКВ и Шухова — Берлина применяются эжекционные многосопловые горелки неполного предварительного смешения производительностью от 100 до 400 *нм³/час*.

На рис. 31 показана эжекционная многосопловая горелка № 6 неполного предварительного смешения производительностью 305 *нм³/час*.

В этих горелках газ предварительно перемешивается с 70% первичного воздуха в эжекторе, а перемешивание с вторичным воздухом,





Деталь установки горелки в стенке топки

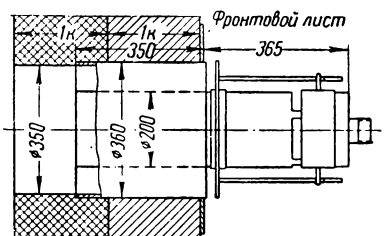


Рис. 31. Эжекционная многосопловая горелка № 6 неполного предварительного смешения

1 — эжектор; *2* — сопло; *3* — *5* — донышки сопловой головки; *4* — носик горелки; *6* — корпус; *7* — планка; *8* — заслонки для вторичного воздуха; *9* — кольцо воздушной заслонки; *10* — воздушная заслонка; *11* — стойка тяги; *12* — тяга воздушных заслонок; *13* — штуцер

Таблица 32

Техническая характеристика эжекционной многосопловой горелки № 6 неполного предварительного смешения

Давление газа перед соплами в *мм* вод. ст.	Расход природного газа в *нм³/час*	Скорость истечения в *м/сек*			Коэффициент регулирования производительности
		газа из сопел	газо-воздушной смеси в эжекторе	газо-воздушной смеси при выходе из горелки	
5 000	305	292	23	26,8	1
4 000	282	270	21,3	24,7	1,08
3 000	238	238	17,9	20,9	1,22
2 000	220	212	16,6	19,3	1,37
1 000	154	148	11,2	12,8	1,9
500	117	112	8,4	9,8	2,6

подаваемым через кольцевое отверстие вокруг эжектора, происходит в топке.

На рис. 32 показан котел типа ДКВ, переоборудованный с твердого топлива на газообразное. В отверстиях топочных дверок устанавливаются эжекционные многосопловые горелки неполного предварительного смешения. Колосниковая решетка футеруется двумя слоями кирпича плашмя; вдоль боковых экранов устанавливаются решетки из шамотного кирпича класса А, а между горелками — разделительная стенка. Для устойчивости и полноты сгорания газа на пути прохода газо-воздушной смеси укладываются горки из битого шамотного кирпича.

Таблица 33

Характеристики эжекционных многосопловых горелок неполного предварительного смешения для котлов типа ДКВ

Наименование	Тип котлов		
	ДКВ-2	ДКВ-4	ДКВ-6,5
Паропроизводительность котла в *т/час*	2	4	6,5
Расход природного газа в *нм³/час*	182	364	580
Номер горелки	2	4	6
Количество горелок	2	2	2
Максимальная производительность горелок в *нм³/час*	2×123	2×194	2×305
Минимальная производительность горелок в *нм³/час*	2×31,7	2×50	2×117

На рис. 33 показан жаротрубный котел, переоборудованный для сжигания газа. При установке эжекционных многосопловых горелок неполного предварительного смешения футеровка жаровой трубы производится на длине 1 250—2 000 *мм*.

В футерованной части топки выкладывают горку из битого шамота, а в некоторых случаях и решетку из шамотного кирпича.

При паропроизводительности ланкаширского котла 2—2,5 *т/час* в каждой жаровой трубе устанавливаются по две горелки производительностью 22,5—87 *нм³/час* при давлении газа 250—5000 *мм* вод. ст.

Значительно лучшие результаты дают факельные горелки с принудительной подачей воздуха от вентилятора.

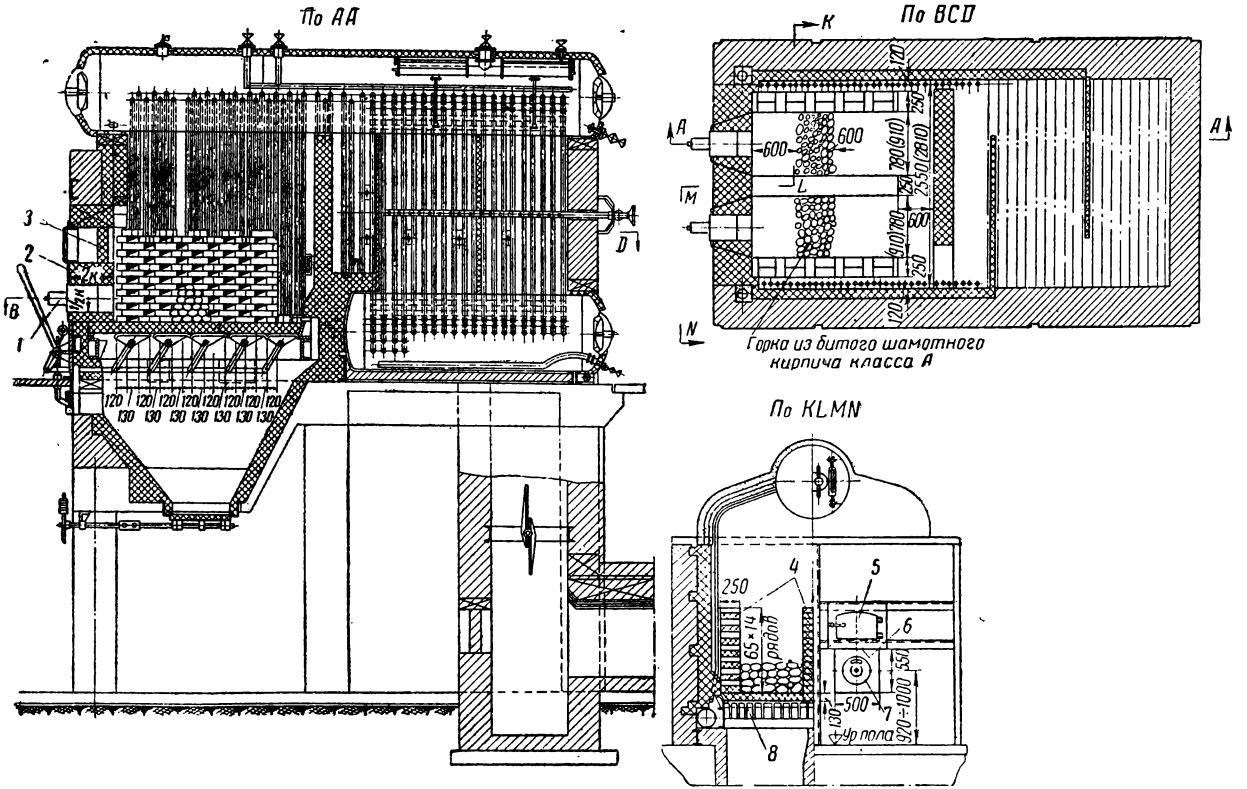


Рис. 32. Переоборудование котлов ДКВ для сжигания газа

1 — эжекционная горелка; *2* — фронтовой лист; *3* — дверка лаза закладывается в полкирпича; *4* — решетка и стенка из шамотного кирпича класса А; *5* — дверка лаза в топку; *6* — фронтовой лист приваривается; *7* — гляделка и отверстие для зажигания; *8* — колосниковая решетка футеруется

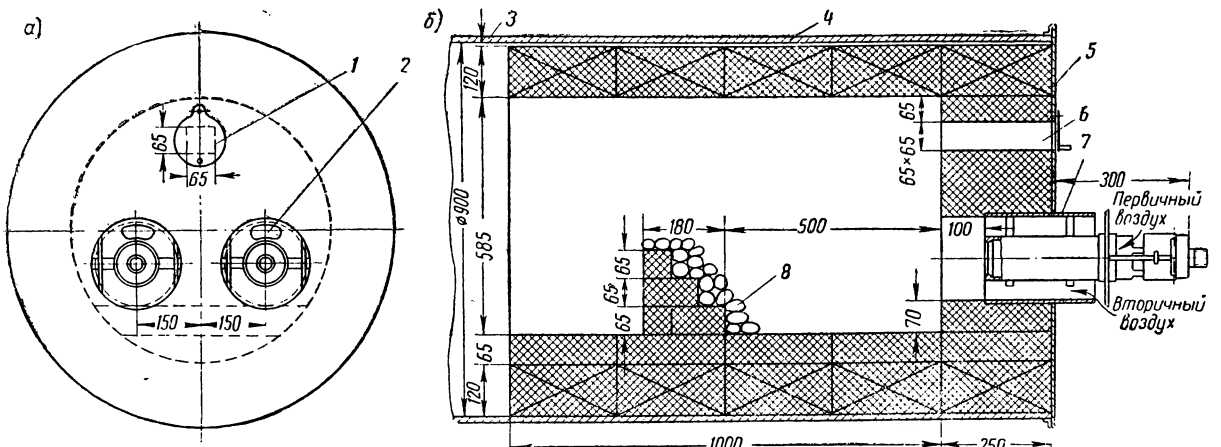


Рис. 33. Переоборудование жаротрубных котлов для сжигания газа

1 — заслонка гляделки; *2* — отверстие для зажигания горелки; *3* — температурный зазор 10 *мм*; *4* — жаровая труба; *5* — фронтовой лист толщиной 4 *мм*; *6* — гляделка; *7* — эжекционная горелка; *8* — битый шамотный кирпич

На рис. 34 показана смесительная горелка с принудительной подачей воздуха конструкции Мосподземпроекта производительностью до 250 *нм³/час*.

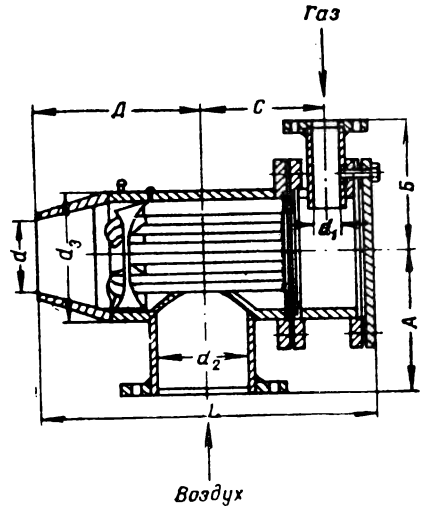


Рис. 34. Смесительная горелка Мосподземпроекта производительностью до 250 *нм³/час*

Таблица 34

Размеры смесительной газовой горелки Мосподземпроекта

Производительность горелки в *нм³/час*	Размеры в *мм*								
	d	d_1	d_2	d_3	A	B	C	D	L
50	112	40	150	190	220	200	220	270	550
80	170	68	205	292	265	255	305	350	745
120	195	80	205	350	290	280	317	342	755
180	240	85	219	350	290	280	308	310	775
250	250	108	250	405	300	300	334	332	799

На рис. 35 показана трубчатая горелка конструкции Мосподземпроекта производительностью 500 *нм³/час* с принудительной подачей воздуха от вентилятора. Эти горелки дают факел небольшой длины и обеспечивают полное сгорание газа при невысоком коэффициенте избытка воздуха.

На рис. 36 показана газо-мазутная горелка конструкции Мосэнерго. Корпус горелки выполнен из двух стальных труб, расположенных концентрично одна в другой.

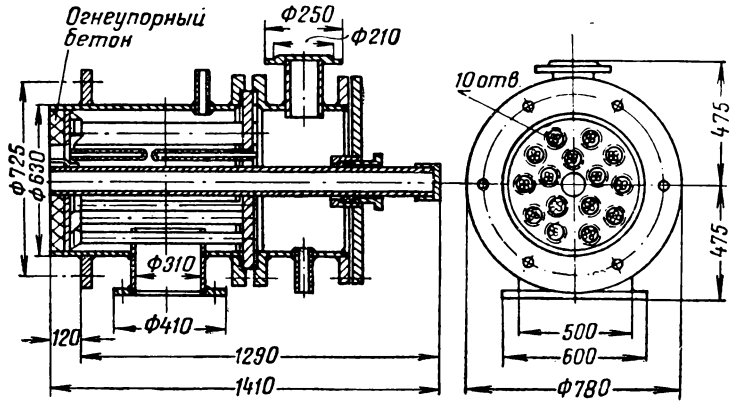


Рис. 35. Трубчатая горелка Мосподземпроекта производительностью 500 *нм³/час*

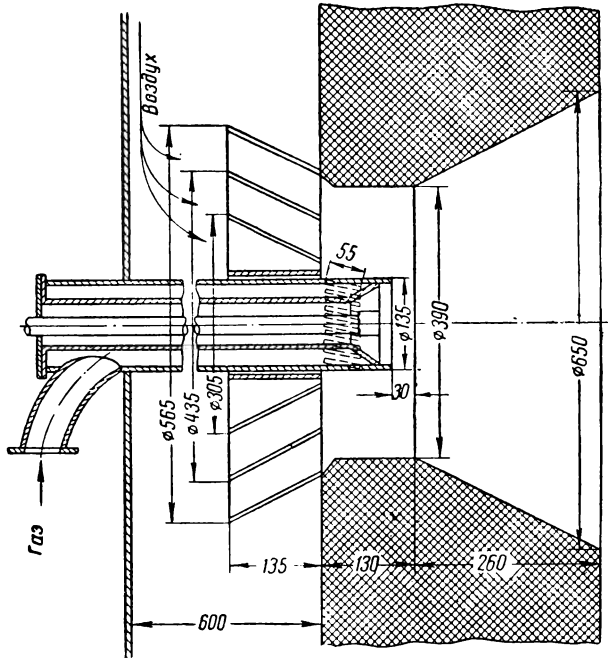


Рис. 36. Газо-мазутная горелка конструкции Мосэнерго

Газ подводится в полость между трубами и через 25 косых щелей размером 55×5 *мм* тонкими струями поступает в амбразуру горелки. Перед амбразурами горелок расположены регистры, придающие воздуху вращательное движение и направляющие его к корню факела. Воздух подается подогретым до 100—120°.

При давлении газа от 70 до 280 *мм* вод. ст. и воздуха от 16 до 87 *мм* вод. ст. горелки работают с производительностью от 460 до 720 *нм*^{3}/*час*.

По оси горелки располагается мазутная горелка.

4) Топки для сжигания мазута

Топочная камера для сжигания мазута выполняется открытой без каких-либо сводов и выступов. Стены топочной камеры экранируются. При отсутствии экранов стенки топочной камеры следует выполнять с футеровкой из огнеупорного кирпича класса А и с воздушным охлаждением.

Для распыливания сжигаемого мазута применяются механические, паровые и воздушные форсунки.

При размещении мазутных форсунок производительностью 500—1 000 *кг/час* на фронтовой стене топки расстояние от их осей до боковых стен должно быть не меньше 1—1,2 *м*, а от нижнего ряда форсунок до пода — не менее 1 *м*. Глубина топки при производительности форсунок 200—250 *кг/час* должна быть не менее 3 *м*, а при производительности 500 *кг/час* и выше — не менее 4 *м*.

Для нормальной работы мазутных форсунок необходимо подогревать мазут до температуры, обеспечивающей требуемую вязкость.

Для механических форсунок рекомендуется вязкость мазута 6° $ВУ_{50}$ и подогрев его в зависимости от сорта до температуры 80—100°. Для паровых форсунок максимально допустимая вязкость мазута $ВУ_{50}$—15°, рекомендуется вязкость $ВУ_{50}$ —7°; подогревать необходимо до температуры 70—80°.

Мазутные форсунки с механическим распыливанием применяются на крупных агрегатах. В мелких котельных установках их не применяют, так как для этого требуется дорогостоящее оборудование — насосы, подогреватели, фильтры. Кроме того, механические форсунки дают длинный факел, недопустимый для котлов малой и средней производительности.

Таблица 35

Типоразмеры мазутных форсунок механического распыливания завода Ильмарине

Производительность форсунки в *кг/час* (при давлении мазута 12 *ати*)	Диаметр отверстия распределительного диска в *мм*	Диаметр отверстия завихривающего диска в *мм*	Диаметр отверстия насадка в *мм*	Диаметр выходного отверстия накидной гайки в *мм*
250	2,5	9	2,5	16
500	3,5	11	3,5	25
750	4,5	12	4,5	25
1 000	5	13	5	25
1 250	6	14	6	25

Наибольшее распространение в котельных установках имеют форсунки с паровым распыливанием мазута. Расход пара на распыливание составляет 0,3—0,35 *кг/кг*.

Недостатком этих форсунок являются увеличение содержания водяных паров в продуктах горения и сильный шум, который они производят при работе.

Таблица 36

Характеристика паровых мазутных форсунок завода Ильмарине (рис. 37)

Производительность форсунки в *кг/час* при рабочем давлении пара в *кг/см²*					Размеры сопла в *мм*		Размеры диффузора в *мм*	
4	7	10	13	16	диаметр	длина	диаметр	длина
115	175	240	300	365	4	32	11,5	50
	275	370	470	560	5	40	14	50
	390	535	675	820	6	50	17	50

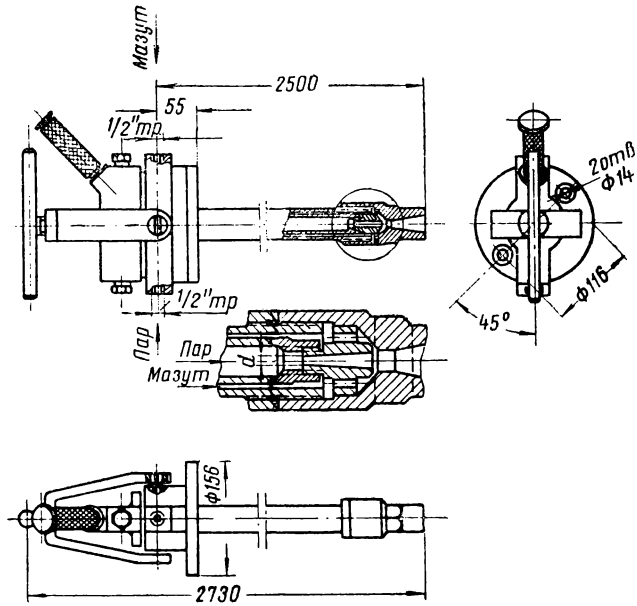


Рис. 37. Мазутная форсунка с паровым распыливанием

Начинают находить применение мазутные форсунки воздушного распыливания системы Оргэнергонефть. Они дают факел небольшой длины, работают с меньшим шумом по сравнению с паровыми и достаточно экономичны в работе.

Распыливание мазута производится воздухом от вентилятора. Требуемый напор воздуха — 160—220 *мм* вод. ст.; форсунка допускает в случае необходимости распыливание мазута паром взамен воздуха.

Форсунки воздушного распыливания выполняются двух типов — с подпорной шайбой и с завихривателем. Форсунка с завихривателем обеспечивает более короткий факел.

Таблица 37

Характеристика форсунок с воздушным распыливанием системы Оргэнергонефть (рис. 38)

Типоразмер форсунки	Производительность в *кг/час*	Диаметр в *мм*		Количество воздуха в $м^3$/*час*	
		входного воздушного патрубка	выходного отверстия подпорной шайбы	потребное для пропуска через форсунку	общее, необходимое для сжигания
ОЭН-75/150	75	150	68	550	925
ОЭН-150/200	150	200	95	1 100	1 825
ОЭН-250/250	250	250	120	1 850	3 075
ОЭН-350/250	350	250	136,5	2 600	4 325
ОЭН-500/300	500	300	150	3 700	6 200

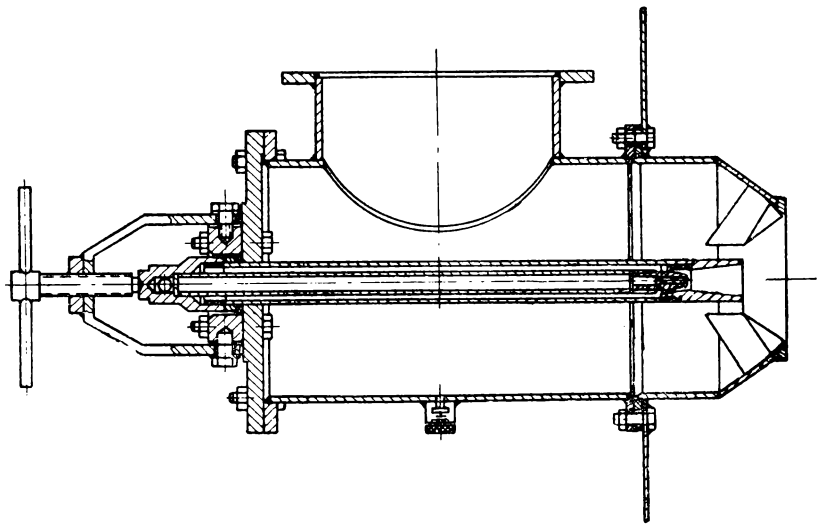


Рис. 38. Мазутная форсунка с воздушным распыливанием системы Оргэнергонефть

III. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

1. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ НАГРЕВА КОТЛОАГРЕГАТА

1) Пароперегреватели

Пароперегреватели устанавливаются для перегрева насыщенного пара до 250—350°.

Они состоят из групп параллельно включенных стальных змеевиков, составленных из труб с внутренним диаметром 28—42 *мм* и соединенных стальными коллекторами круглого сечения, которые служат для распределения поступающего в пароперегреватель насыщенного пара и для отвода выходящего из змеевиков перегретого пара.

Пароперегреватели выполняются с горизонтальным и вертикальным расположением труб.

Шаг труб по длине коллектора принимается $S = (2 \div 2{,}5)d$.

Радиус гиба труб должен быть не менее $2d$.

Скорость газов в пароперегревателе рекомендуется принимать в пределах 10—14 *м/сек*. Скорость газов менее 6 *м/сек* не допускается, так как при этом увеличивается загрязнение поверхности нагрева золой.

На пароперегревателе устанавливается следующая арматура: вентиль со стороны выхода пара из пароперегревателя, вентиль для спуска воды из пароперегревателя, приспособление для заливки пароперегревателя водой при растопке котла, предохранительный клапан, устанавливаемый на стороне перегретого пара.

Для удаления сажи и летучей золы со змеевиков пароперегревателя рекомендуется производить регулярную обдувку его сжатым воздухом или паром.

Пароперегреватели для котлов ДКВР, выпускаемых Бийским заводом, выполняются вертикальными из труб диаметром 38/32 *мм*.

Таблица 38

Характеристика пароперегревателей котлов ДКВР

Тип котла	Паропроизводительность в *т/час*	Рабочее давление в *ати*	Температура перегрева пара в град.	Поверхность нагрева пароперегревателя в $м^2$
ДКВР-4-13-250	4	13	250	8
ДКВР-4-13-300	4	13	300	16
ДКВР-4-13-350	4	13	350	16
ДКВР-6,5-13-250	6,5	13	250	16
ДКВР-6,5-13-300	6,5	13	300	32
ДКВР-6,5-13-350	6,5	13	350	46
ДКВР-10-13-250	10	13	250	16
ДКВР-10-13-300	10	13	300	32
ДКВР-10-13-350	10	13	350	46

Пароперегреватели для котлов Шухова — Берлина выполняются горизонтальными из труб диаметром 38/32 *мм*.

Таблица 39

Характеристика пароперегревателей котлов Шухова — Берлина

Тип котла	Паропроизводительность в *т/час*	Температура перегрева в град.	Поверхность нагрева пароперегревателя в $м^2$	Вес пароперегревателя в *кг*	Длина пароперегревателя в *мм*	Ширина пароперегревателя в *мм*	Высота пароперегревателя в *мм*
А-3	2—2,5	250	14,1	1 000	2 385	836	550
А-3	2—2,5	300	18,8	1 150	2 385	1 190	550
А-5	3,2—4	250	20,5	1 600	2 385	836	550
А-5	3,2—4	300	27,6	1 850	3 435	1 190	550
А-7	8—10	250	28,8	2 150	2 385	836	550
А-7	8—10	300	38,3	2 450	4 375	1 190	550

2) Водяные экономайзеры

Водяные экономайзеры служат для подогрева питательной воды за счет охлаждения газов, выходящих из котла.

Температура газов за котлом обычно колеблется в пределах от 300 до 400°.

Для определения температуры газов за котлами малой производительности можно пользоваться эмпирическими формулами, которые дают близкие к практическим условиям результаты:

для жаротрубных котлов

$$T_к - t_н = 10{,}08\frac{D}{H_к} - 54{,}5;$$

для водотрубных котлов

$$T_к - t_н = 5 + 6{,}65\frac{D}{H_к};$$

для вертикальных цилиндрических котлов системы Шухова — Сарафа

$$T_к = 150 + 12{,}6\frac{D}{H_к}$$

для чугунных секционных котлов

$$T_к - t_н = 10\frac{D}{H_к} + 100.$$

В приведенных формулах:

$T_к$ — температура газов за котлом в град.;

$t_н$ — температура насыщенного пара в град.;

D — паропроизводительность котла в *кг/час*;

$H_к$ — поверхность нагрева котла в $м^2$.

Температура газов за котлами системы Шухова — Берлина равна 350—360°, за котлами типа ДКВ — 280—300°.

Температуру уходящих газов в промышленных и отопительных котельных установках следует принимать не выше следующих значений (в зависимости от рода топлива):

угли с влажностью менее 6%	160—180°
„ „ „ 6—16%	180—200°
мазут и природный газ	160—180°
торф	190—210°

Во избежание закипания воды в чугунном экономайзере конечная температура подогрева воды должна быть на 40° ниже температуры насыщенного пара в котле.

Температура воды, поступающей в экономайзер, в целях предотвращения ржавления экономайзера должна быть на 5—10° выше температуры точки росы.

Таблица 40

Температура точки росы

Вид топлива	Температура точки росы в град.
Антрацит (вентиляторное дутье)	10
„ (паровое дутье)	35
Мазут (механическое или воздушное распыливание)	40
Мазут (паровое распыливание)	50
Бурый уголь	50
Дрова и торф (при влажности 40%)	55
Природный газ	60

В отопительно-производственных котельных обычно устанавливаются чугунные ребристые водяные экономайзеры системы ВТИ, изготовляемые Кусинским машиностроительным заводом. До последнего времени на указанном заводе изготовлялись чугунные ребристые водяные экономайзеры системы ЦККБ, которые установлены в большинстве работающих котельных установок.

В настоящее время чугунные экономайзеры системы ЦККБ сняты с производства.

Таблица 41

Типоразмеры чугунных ребристых экономайзеров (рис. 39)

Характеристика одной трубы	Размерность	Экономайзер ВТИ				Экономайзер ЦККБ
Длина	*мм*	1 500	2 000	2 500	3 000	1 990
Поверхность нагрева с газовой стороны	*м*²	2,18	2,95	3,72	4,49	5,5
Живое сечение для прохода газов	„	0,088	0,12	0,152	0,184	0,21

Экономайзеры системы ВТИ собираются из чугунных труб диаметром 76/60 *мм* с поперечными ребрами квадратной формы, расположенными вдоль трубы с шагом 25 *мм*.

Трубы заканчиваются квадратными фланцами размером 150×150 *мм* и соединяются друг с другом посредством калачей.

Экономайзеры снабжаются обдувочными устройствами.

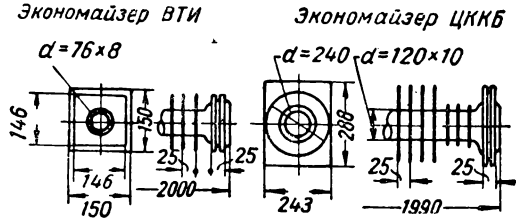


Рис. 39. Ребристые трубы чугунных водяных экономайзеров систем ВТИ и ЦККБ

Обдувку рекомендуется производить перегретым паром или сжатым воздухом. Как вынужденное решение допускается применять для обдувки насыщенный пар.

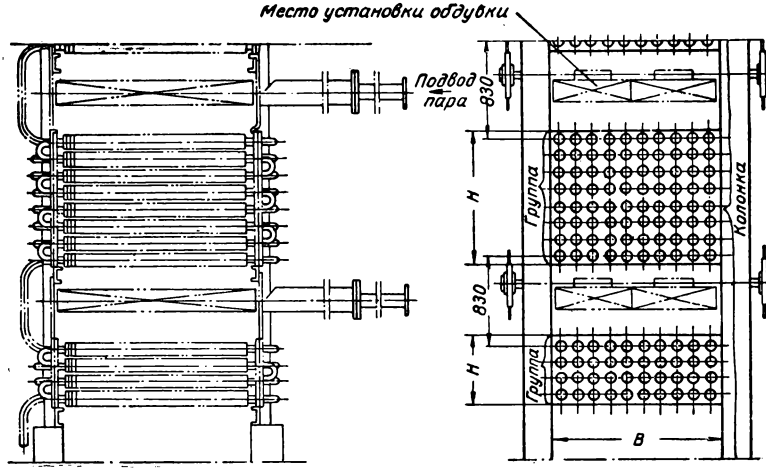


Рис. 40. Компоновка чугунного водяного экономайзера системы ВТИ с обдувочным устройством

Для экономайзеров с числом труб в горизонтальном ряду от 4 до 10 применяют односекционные обдувочные устройства, а при числе труб в горизонтальном ряду от 8 до 18 — двухсекционные обдувочные устройства.

Таблица 42

Размеры и поверхность нагрева чугунного водяного экономайзера системы ВТИ для трубы длиной 2 000 *мм* и односекционного обдувочного устройства

Число горизонтальных рядов в группе	Высота группы экономайзера *H* в *мм*	Число труб в горизонтальном ряду *n*	4	5	6	7	8	9	10
		Ширина группы экономайзера *B* в *мм*	600	750	900	1 050	1 200	1 350	1 500
		Живое сечение для прохода газов в $м^2$	0,48	0,6	0,72	0,84	0,96	1,08	1,20
		Рекомендуемый размер шиберов в *мм*	520×1 620	770×1 620	770×1 620	1 020×1 620	1 020×1 620	1 020×1 620	1 500×1 620
2	300	Поверхность нагрева в $м^2$	23,6	29,5	35,4	41,3	47,2	53,1	59
3	450	То же	35,4	44,25	53,1	61,95	70,8	79,65	88,5
4	600	»	47,2	59	70,8	82,6	94,4	106,2	118
5	750	»	59	73,75	88,5	103,25	118	132,75	147,5
6	900	»	70,8	88,5	106,2	123,9	141,6	159,3	177
7	1 050	»	82,6	103,25	123,9	144,55	165,2	185,85	206,5
8	1 200	»	94,4	118	141,6	165,2	188,8	212,4	236

Обдувочное устройство представляет собой сопловой аппарат, двигающийся по опорной раме.

Число вертикальных рядов, обдуваемых одним аппаратом, не должно превышать 4. Поэтому группа экономайзера по высоте не должна иметь более 8 рядов труб.

Для установки обдувочного устройства между группами экономайзера должно быть оставлено свободное пространство между осями крайних труб высотой 830 *мм*.

На рис. 40 показана компоновка чугунного водяного экономайзера системы ВТИ с обдувочным устройством.

В котельных установках небольшой паропроизводительности, оборудованных котлоагрегатами производительностью до 4—6 *т/час*, чугунные водяные экономайзеры устанавливаются групповые — одна группа на 3—4 котла. При установке котлов паропроизводительностью 6,5—10 *т/час* и выше устанавливают индивидуальные водяные экономайзеры за каждым котлом.

Рекомендуемая скорость газов 7—10 *м/сек*. Во избежание заноса экономайзера золой скорость газов менее 5 *м/сек* недопустима.

Вода проходит по всем трубам экономайзера последовательно снизу вверх. Скорость движения воды по трубам экономайзера принимается в пределах 0,3—0,5 *м/сек*.

При камерном сжигании многозольных топлив под котлами производительностью 10—12 *т/час* и выше применяют стальные гладкотрубные водяные экономайзеры из труб диаметром 28—38 *мм*.

Гладкотрубные водяные экономайзеры выполняются в

Таблица 45

Размеры и поверхность нагрева групп чугунного водяного экономайзера системы ЦККБ

Число горизонтальных рядов в группе	Высота группы экономайзера H в *мм*	Число групп в горизонтальном ряду n	4	5	6	7	8	9
		Ширина группы экономайзера B в *мм*	980	1 225	1 470	1 715	1 960	2 205
		Живое сечение для прохода газов в $м^2$	0,84	1,05	1,26	1,47	1,68	1,89
2	585	Поверхность нагрева в $м^2$	44	55	66	77	88	99
3	875	То же	66	82,5	99	115,5	132	148,5
4	1 165	»	88	110	132	154	175	193
5	1 455	»	110	137,5	165	192,5	220	247,5
6	1 745	»	132	165	198	231	264	297,5

виде пакетов высотой не более 1—1,5 *м* с разрывом между пакетами по высоте 550—600 *мм*.

Расчет водяного экономайзера и определение его поверхности нагрева производятся по нормам теплового расчета котлоагрегатов.

Водяной экономайзер некипящего типа должен иметь следующую арматуру: два предохранительных клапана, два запорных вентиля, один манометр, два термометра, спускной кран или вентиль. При перекрытии запорных вентилей в системе водяного экономайзера должен остаться один из предохранительных клапанов.

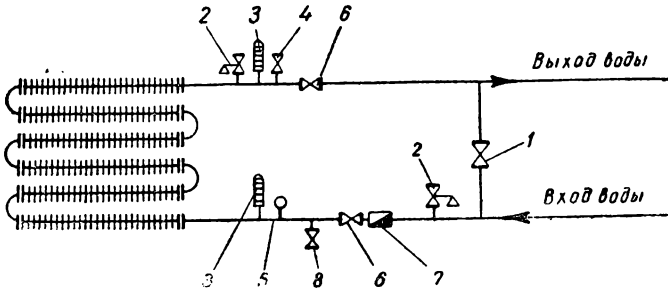


Рис. 41. Схема расположения арматуры в водяном экономайзере

1 — вентиль обводной линии; *2* — предохранительный клапан; *3* — термометр; *4* — воздушный краник; *5* — манометр; *6* — запорный клапан; *7* — обратный клапан; *8* — спускной вентиль

В самой верхней части экономайзера должен быть установлен воздушный кран или воздухоотводчик.

Схема расположения арматуры в водяном экономайзере приведена на рис. 41.

3) Воздухоподогреватели

В промышленных и отопительных котельных установках в большинстве случаев охлаждение газов после котла производится только в водяных экономайзерах. При сжигании влажных топлив и применении механических и камерных топок в котлах производительностью 6,5—10 *т/час* и выше за котлами устанавливаются воздухоподогреватели (обычно после водяного экономайзера) для подогрева необходимого для горения воздуха.

Подогрев воздуха интенсифицирует процесс горения и подготовку топлива, обеспечивает сжигание влажного топлива и уменьшает потери от химического и механического недожога.

При сжигании на колосниковой решетке антрацита и углей с малой влажностью и низкой температурой плавления золы подогрев воздуха не требуется.

Температура воздуха на входе в воздухоподогреватель в целях предотвращения забивания золой поверхности нагрева должна выбираться приблизительно равной температуре конденсации водяных паров, соответствующей парциальному давлению их в газах.

Таблица 44

Температура воздуха, входящего в воздухоподогреватель

Топливо	Температура воздуха на входе в воздухоподогреватель в град.
Сухое, влажностью менее 2%	30
Влажное, влажностью 5—20%	45—55
Сильно влажное, влажностью более 25%	60—65

Наибольшее распространение имеют трубчатые воздухоподогреватели, выполняемые из стальных труб наружным диаметром 40 ÷ 51 *мм* с толщиной стенки 1,5 *мм*. Газ проходит внутри труб, а воздух омывает их снаружи.

Газы должны иметь движение сверху вниз со скоростью 13—14 *м/сек*.

Воздухоподогреватель выбирается по характеристикам котельных заводов, изготавливающих воздухоподогреватели.

Барнаульский котельный завод выпускает воздухоподогреватели двух-, трех- и четырехходовые по ходу воздуха.

Таблица 45

Типоразмеры двухходового воздухоподогревателя Барнаульского завода (рис. 42)

Поверхность нагрева в $м^2$	Количество секций	Количество труб	Сечения для прохода		Размеры в *мм*		Вес в *т*	
			газов в $м^2$	воздуха в $м^2$	d	d_1	металла	полный
560	3	978	1,77	1,8	2 670	2 610	9,6	12,6
375	2	652	1,18	1,2	1 780	1 720	6,7	9
185	1	326	0,59	0,6	890	830	3,8	5,6

В промышленных и отопительных котельных установках имеют распространение воздухоподогреватели конструкции Оргэнерго (рис. 43). Они изготовляются из кипятильных труб наружным диаметром 51 *мм* и длиной от 4 000 до 6 000 *мм*. Трубы крепятся к широкой полке швеллера № 14, а швеллеры соединяются между собой болтами с уплотнением между полками асбестовыми прокладками.

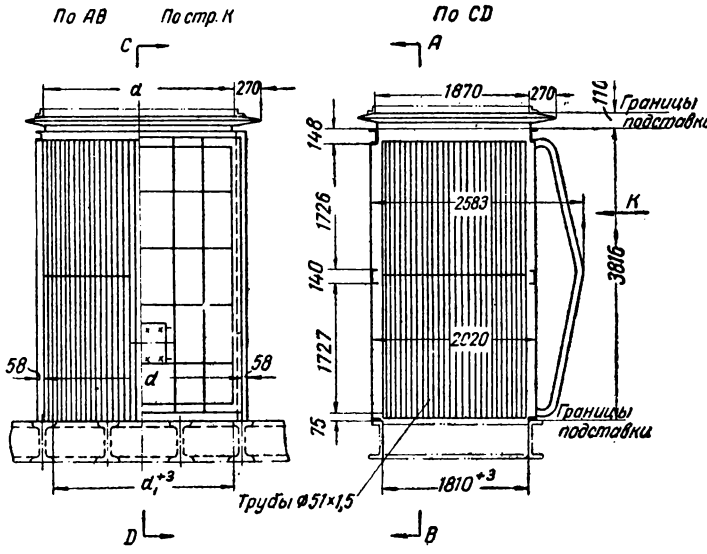


Рис. 42. Двухходовой воздухоподогреватель Барнаульского котельного завода

Таблица 46

Типоразмеры воздухоподогревателей конструкции Оргэнерго при длине труб $l = 4\,000$ *мм*

Число труб в секции	Ширина воздухоподогревателя A в *мм*	Число секций	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		длина воздухоподогревателя в *мм*	575	718	861	1 004	1 147	1 290	1 433	1 576	1 719
29	1 240	Поверхность нагрева в $м^2$	70,8	88,5	106,1	123,8	141,5	159,2	176,9	194,6	212,3
41	1 675	То же	100	125	150,1	175,1	200,1	225,1	250,1	275,1	300,1
47	1 890	»	114,7	143,3	172	200,7	229,4	258	286,7	315,4	344
53	2 105	»	129,3	161,6	194	226,3	258,6	291	323,3	355,6	388
63	2 465	»	153,7	192,1	230,6	269	307,4	345,9	384,3	422,7	461,2

Таблица 47

Размеры живых сечений для воздуха и газа в воздухоподогревателях конструкции Оргэнерго при длине труб $l = 4\,000$ мм

Число труб в секции	Живое сечение для воздуха в $м^2$			Живое сечение для газов в $м^2$ при числе секций								
	двухходовой	трехходовой	четырехходовой	4	5	6	7	8	9	10	11	12
29	0,63	0,42	0,315	0,193	0,241	0,289	0,337	0,385	0,433	0,481	0,53	0,578
41	0,882	0,588	0,441	0,272	0,34	0,408	0,476	0,544	0,613	0,681	0,749	0,817
47	1,008	0,672	0,504	0,312	0,39	0,468	0,546	0,624	0,702	0,78	0,858	0,936
53	1,134	0,756	0,567	0,352	0,44	0,528	0,616	0,704	0,792	0,88	0,968	1,056
63	1,344	0,896	0,672	0,418	0,523	0,627	0,732	0,837	0,941	1,046	1,15	1,255

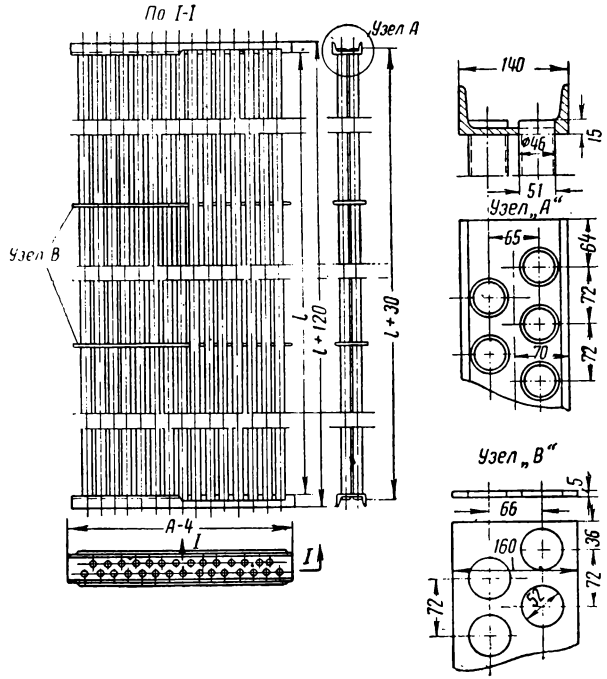


Рис. 43. Трубчатый воздухоподогреватель конструкции Оргэнерго

В промышленных и отопительных котельных могут устанавливаться также чугунные воздухоподогреватели, собираемые из ребристых и ребристо-зубчатых труб.

Достоинствами воздухоподогревателей указанного типа являются малые габариты и устойчивость от коррозии.

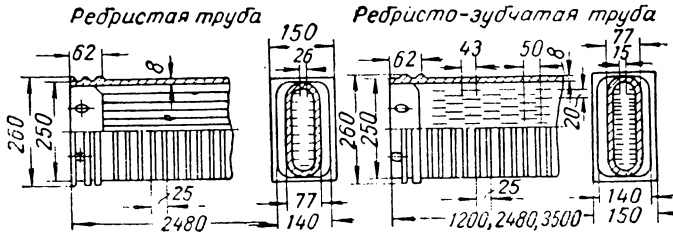


Рис. 44. Чугунные ребристые и ребристо-зубчатые воздухоподогреватели

Таблица 48

Характеристика чугунных воздухоподогревателей (рис. 44)

Наименование	Размерность	Ребристая труба	Ребристо-зубчатые трубы		
Длина трубы полная	*мм*	2 480	1 200	2 480	3 500
„ ребер ной части трубы	„	2 275	1 000	2 275	3 300
Поверхность нагрева с газовой стороны	*м*²	4,11	1,91	4,11	5,78
То же, с воздушной стороны	„	2,57	1,12	2,46	3,56
Живое сечение для газов	„	0,139	0,064	0,139	0,202
То же, для воздуха	„	0,0118	0,011	0,011	0,011
Эквивалентный диаметр с воздушной стороны	*м*	0,0425	0,0342	0,0342	0,0342

При выборе элементов воздухоподогревателей рекомендуются следующие примерные соотношения скоростей воздуха и газов:

для трубчатых воздухоподогревателей $w_в/w_г = 0{,}5$
для ребристо-зубчатых воздухоподогревателей $w_в/w_г = 0{,}7$
для ребристых воздухоподогревателей $w_в/w_г = 1$

2. ЗОЛОУЛОВИТЕЛИ

В котельных необходимо устанавливать золоуловители.

Не требуется устанавливать золоуловители в случае сжигания в котельной газа и в небольших котельных при сжигании небольшого количества малозольного твердого топлива при соблюдении следующего условия: значение $N = A^р B_{час}$, где $A^р$ — содержание золы в рабочей массе топлива в процентах и $B_{час}$ — максимальный часовой расчетный расход топлива в *кг*, не должно превышать 20 000.

Степень очистки дымовых газов должна быть не менее 85% и в каждом отдельном случае при установке котлов должна быть согласована с местной санитарной инспекцией.

Наибольшее распространение в котельных установках имеют батарейные циклоны (рис. 45).

Батарейный циклон состоит из отдельных циклонных элементов, собранных в секцию (батарею), с золовым бункером в корпусе. В зависимости от количества циклонных элементов, условий установки и режима работы батарейные циклоны выполняются в виде одной или нескольких секций.

В основу работы батарейного циклона положен принцип разделения общего потока очищаемого газа на ряд отдельных небольших потоков, очистка которых происходит в отдельных, небольшого размера циклонных элементах с направляющими аппаратами, придающими потоку газов вращательное движение.

Циклонные элементы применяются диаметром 100, 150 и 250 *мм*.

Направляющие аппараты в циклонных элементах применяются типа «Винт» с двумя винтовыми лопастями, наклоненными под углом 25°, и типа «Розетка» с восемью лопастями, наклоненными под углом 25 или 30°.

В аппаратах с направляющим элементом «Розетка» газ очищается лучше, чем в аппаратах с направляющим элементом «Винт», но последний меньше забивается увлажненной пылью.

Батарейные циклоны рассчитаны на очистку газа с запыленностью не выше 50—100 *г/м*³ при температуре газов до 400°.

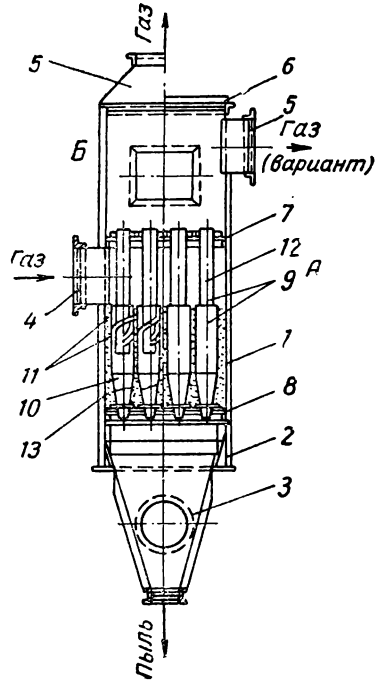


Рис. 45. Батарейный циклон

1 — кожух; *2* — опорный пояс; *3* — бункер; *4* — диффузор входа газов; *5* — конфузор выхода газа; *6* — крышка; *7* — верхняя опорная решетка; *8* — нижняя опорная решетка; *9* — циклонный элемент; *10*— корпус элемента; *11* — направляющий элемент; *12* — выхлопная труба; *13* — засыпка просеянным шлаком; *А* — газораспределительная камера; *Б* — камера очищенного газа

Для равномерного распределения газа число циклонных элементов в одном ряду по ходу газов не должно превышать 8, число же элементов в ряду, перпендикулярном потоку газа, должно быть не более 12.

Коэффициент очистки газа от золы в батарейном циклоне может быть достигнут 75—85% при гидравлическом сопротивлении циклона 45—60 *мм* вод. ст.

Такую же степень очистки газа можно получить при установке циклонов НИИОГАЗ (ЦН) различного диаметра.

Производительность ЦН зависит от его диаметра. С увеличением диаметра снижается степень очистки газов.

Установки ЦН могут применяться для очистки газа в количестве от 20 *м³/час* — в одиночном ЦН малого диаметра 40 *мм* и до 50 000 *м³/час* — в группе из 8 ЦН диаметром 800 *мм*.

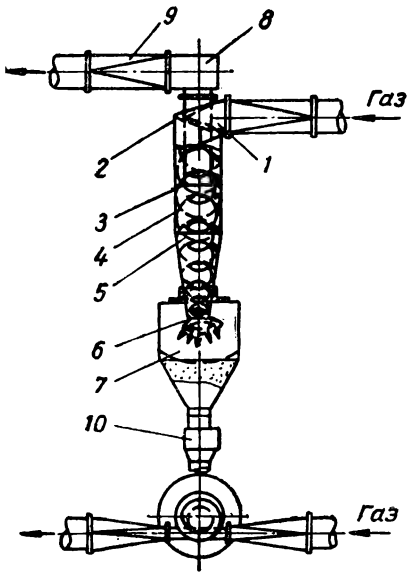


Рис. 46. Циклонный аппарат НИИОГАЗ

1 — входной патрубок; *2* — винтообразная крышка; *3* — выхлопная труба; *4* — корпус (цилиндрическая часть); *5* — корпус (конусная часть); *6* — пылевыпускное отверстие; *7* — бункер; *8* — улитка для вывода газа; *9* — газоход обеспыленного газа; *10*— пылевой затвор

Общий вид циклонного аппарата НИИОГАЗ и схема движения в нем газопылевого потока показаны на рис. 46.

Температура газов по условиям механической прочности циклонов допускается не выше 400°.

Запыленность газа, поступающего в ЦН, допускается в пределах от 20 до 400 *г/м³*.

Число ЦН в группе с общим бункером и с общим подводом и отводом газа допускается не более 8. Количество групп ЦН не ограничивается.

Аппараты ЦН выпускаются с диаметром циклона от 40 до 800 *мм*.

Наиболее распространенным типом циклона НИИОГАЗ является аппарат ЦН-15 с углом наклона крышки со средней винтовой линией и углом наклона входного патрубка, равным 15°.

При стесненных габаритах по высоте допускается установка укороченного аппарата типа ЦН-15у, имеющего пониженный коэффициент очистки газов.

В случае необходимости обеспечить повышенную степень очистки газов устанавливают аппараты ЦН-11 с углами наклона крышки и входного патрубка 11°; они имеют больший коэффициент гидравлического сопротивления и соответственно больший коэффициент очистки.

По сравнению с батарейными циклонами золоуловители НИИОГАЗ более надежны в эксплуатации, более просты в изготовлении, но они требуют для установки больше площади.

Золоуловители рекомендуется устанавливать на всасывающей стороне дымососа, так как благодаря этому уменьшается износ лопаток дымососа.

3. ТЯГОВАЯ УСТАНОВКА

Тяговая установка предназначена для удаления из котельной продуктов сгорания.

Естественная тяга возможна при относительно высоких температурах уходящих газов, при котлах малой производительности, работающих без водяных экономайзеров, воздухоподогревателей и золоуловителей.

Газовое сопротивление котельной установки определяется формулой

$$S_{газ} = S_т + S_к + S_п + S_{эк} + S_{в.п} + S_з + S_б + \\ + S_{шиб} + S_{тр} \ мм \text{ вод. ст.},$$

где $S_т$ — разрежение в топке в *мм* вод. ст.
$S_к$ — сопротивление котла „ „ „ „
$S_п$ — „ пароперегревателя в *мм* вод. ст.
$S_{эк}$ — „ водяного экономайзера „ „ „ „
$S_{в.п}$ — „ воздушного подогревателя „ „ „ „
$S_з$ — „ золоуловителя „ „ „ „
$S_б$ — „ боровов „ „ „ „
$S_{шиб}$ — „ шиберов „ „ „ „
$S_{тр}$ — „ дымовой трубы „ „ „ „

Высота дымовой трубы может быть приближенно определена по диаграмме, приведенной на рис. 47.

Охлаждение газов в дымовой трубе принимается равным 1° на 1 *м* трубы, охлаждение газов в боровах — от 1 до 5° на 1 *пог. м* борова в зависимости от качества обмуровки.

Площадь верхнего сечения дымовой трубы определяется из расчета суммарного выхода газов при скорости 6—10 *м/сек*.

При минимальной нагрузке котельной скорость выхода газов из трубы не должна быть менее 3 *м/сек*.

Дымовые трубы выполняются кирпичными, бетонными и металлическими.

Высота дымовых труб для промышленных котельных в соответствии с «Санитарными нормами проектирования промышленных предприятий» (Н 101-54) принимается в зависимости от расхода топлива:

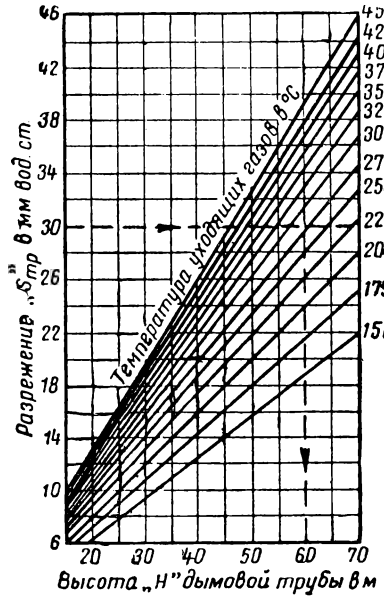


Рис. 47. Диаграмма для определения высоты дымовой трубы (для температуры наружного воздуха + 30°)

при среднесуточном расходе топлива	до 5 *т/час*	30 *м*
то же,	от 5 до 15 „	45 „
„	„ 15 „ 50 „	60 „

При работе котельных на малозольном топливе (приведенная зольность меньше 5% на 1 000 *ккал/кг*) высота дымовых труб принимается:

при среднесуточном расходе топлива	до 15 *т/час*	30 *м*
то же,	от 15 до 50 „	45 „

Если в радиусе 200 *м* от котельной имеются здания высотой более 15 *м*, минимальная высота дымовой трубы должна быть 45 *м*.

Для отопительных котельных установок и для котельных с расходом пара на производственные цели до 15% от максимальной расчетной производительности котельной высота дымовых труб выбирается на основании «Правил устройства отопительных котельных в населенных местах» (СН 12-57) в зависимости от расхода топлива:

при максимальном расчетном расходе топлива	до 2 *т/час*	20 *м*
то же,	от 2 „ 5 „	25 „
„	„ 5 „ 10 „	30 „
„	„ 10 „ 15 „	35 „
„	„ 15 „ 25 „	40 „

Для отопительных котельных, работающих на газе, высота дымовых труб не должна быть менее 15 *м*.

Дымовые трубы отопительных котельных должны быть не менее чем на 5 *м* выше низа перемычек оконных проемов верхнего этажа самого высокого здания в радиусе 50 *м* и должна возвышаться не менее чем на 5 *м* над сгораемыми кровлями зданий, расположенными в радиусе 25 *м*.

Дымовые трубы котельных, работающих на древесных отходах и торфе, должны быть оборудованы искроуловителями.

Производительность дымососа определяется по формуле

$$V_{\text{дым}} = \frac{\beta B_{\text{макс}} \Sigma V (T_{\text{ух}} + 273)}{273} \; м^3/час,$$

где $B_{\text{макс}}$ — максимальный расход топлива в *кг/час;*

ΣV — объем дымовых газов перед дымососом в $нм^3$ на 1 *кг* топлива;

$T_{\text{ух}}$ — температура дымовых газов перед дымососом в град.;

β — коэффициент запаса, принимаемый равным 1,1.

Расчетный полный напор дымососа в *мм* вод. ст. определяется из уравнения

$$H = \beta_{\text{г}} S_{\text{газ}},$$

где $S_{\text{газ}}$ — газовое сопротивление котельной установки в *мм* вод. ст.;

$\beta_{\text{г}}$ — коэффициент запаса по напору, принимаемый равным 1,2.

Мощность мотора дымососа определяется по формуле

$$N = \frac{V_{\text{дым}} H}{3\,600 \cdot 102\, \eta_{\text{дым}}} \; квт,$$

где $\eta_{\text{дым}}$ — коэффициент полезного действия дымососа, равный 0,60—0,65.

При выборе двигателя коэффициент запаса по мощности принимается равным 1,1.

В котельных установках, оборудованных котлами производительностью до 6 *т/час* и имеющих групповой водяной экономайзер, дымососную установку выполняют также общую с установкой двух дымососов производительностью каждый не менее 75% от максимальной нагрузки котельной.

При котлах производительностью 6,5—10 *т/час* и более устанавливают на каждый котел индивидуальный дымосос.

Регулирование дымососной установки осуществляется при помощи направляющих аппаратов, которые устанавливаются на всасывающем патрубке дымососа.

Выбор дымососов и электромоторов к ним производится по графическим кривым работы дымососов и с учетом условий их работы в котельной. Дымососы изготовляются правого и левого вращения.

Окончательная сварка опоры и кожуха дымососа производится на месте монтажа в соответствии с направлением и углом разворота выходного отверстия.

Таблица 49

Основные характеристики дымососов для работы при температуре газов 200°

№ и тип машины	Число об/мин	Производительность Q в $м^3/час$	Полный напор $H_п$ в *мм* вод. ст.	Коэффициент полезного действия в %	Потребная мощность на валу дымососа в *квт*	Тип электромотора	Мощность мотора по каталогу в *квт*
Д № 8	730	4 500	54	0,6	1,2	АО-62-8	4,5
		8 000	60	0,65	1,9	АО-62-8	4,5
		12 000	58	0,6	3,2	АО-62-8	4,5
	970	7 000	95	0,6	2,5	АО-62-6	7
		10 000	108	0,65	4,5	АО-62-6	7
		18 000	98	0,6	8,5	АО-63-6	10
Д № 10	485	6 000	37	0,6	1	АО-62-12/6	2
		10 000	42	0,65	1,8	АО-63-12/6	3
		16 000	40	0,6	3,2	АО-72-12/6	4,5
	730	8 000	84	0,6	3	АО-62-8	4,5
		16 000	95	0,65	6	АО-72-8	10
		23 000	92	0,6	9,5	АО-73-8	14
	970	11 500	150	0,6	8	АО-72-6	14
		20 000	168	0,65	13	АО-73-6	20
		31 500	160	0,6	23	АО-82-6	28
Д № 12	485	10 000	55	0,6	2,5	АО-72-12/6	4,5
		17 500	60	0,65	4,5	АО-73-12/6	6,5
		27 000	58	0,6	7	АО-82-12/6	9
	730	15 000	123	0,6	8	АО-72-6	14
		25 000	137	0,65	14	АО-82-8	20
		46 000	125	0,6	28	АО-93-8	40
	970	20 000	215	0,6	20	АО-82-6	28
		35 000	240	0,65	28	АО-83-6	40
		55 000	230	0,6	57	АО-94-6	75
Д № 13,5	485	16 500	72	0,6	5	АО-82-12/6	9
		30 000	80	0,65	9	АО-83-12/6	12,5
		43 000	74	0,6	14	АО-93-12/6	18
	730	25 500	162	0,6	18	АО-83-8	28
		45 000	175	0,65	31	АО-93-8	40
		63 000	170	0,6	47	АО-94-8	55
	970	35 000	285	0,6	43	АО-93-6	55
		60 000	315	0,7	73	ГАМ-6-116-6	95
		83 000	295	0,62	115	ГАМ-6-125-6	130

4. ДУТЬЕВАЯ УСТАНОВКА

Для подачи в топку необходимого для горения воздуха в котельных устанавливаются дутьевые вентиляторы, которые должны преодолеть сопротивление воздушного тракта, решетки и слоя топлива.

Производительность дутьевой установки рассчитывается по максимальной нагрузке котельной и определяется по формуле

$$V_в = 1{,}1\,\alpha_т B_{макс} L_0 \frac{273 + t_в}{273}\ м^3/час,$$

где 1,1 — коэффициент, учитывающий утечку воздуха через неплотности воздуховодов;

$\alpha_т$ — коэффициент избытка воздуха в топке;

$B_{макс}$ — максимальный расход топлива, на который рассчитывается дутьевая установка, в *кг/час*;

$t_в$ — температура воздуха перед вентилятором;

L_0 — теоретическое количество воздуха (с учетом недожога), необходимое для сжигания 1 *кг* топлива при 0° и 760 *мм* рт. ст., в *нм³/кг*;

$$L_0 = (1 - q_4)\left[0{,}0889\,C_р + 0{,}236\left(H_р - \frac{O_р}{8}\right) + 0{,}033\,S_р\right]\ нм^3/кг.$$

Полный напор, создаваемый вентилятором, состоит: из сопротивления решетки и слоя топлива, потерь в воздуховодах (около 20—25 *мм* вод. ст.), потерь в выходном патрубке вентилятора (около 5 *мм* вод. ст.) и сопротивления воздухоподогревателя, если он устанавливается.

Выбор дутьевого вентилятора рекомендуется производить с коэффициентами запаса: 1,2 — по напору, 1,1 — по производительности.

Мощность мотора вентилятора определяется по формуле

$$N = \frac{V_в H_п}{3\,600 \cdot 102\,\eta_{вент}}\ квт,$$

где $H_п$ — полный напор вентилятора в *мм* вод. ст.;

$\eta_{вент}$ — коэффициент полезного действия вентилятора, равный 0,60—0,65.

В мелких котельных установках обычно устанавливают два дутьевых вентилятора, каждый на полную производительность котельной.

При котлах производительностью 6,5—10 *т/час* и более устанавливают на каждый котел индивидуальный дутьевой вентилятор.

Регулирование дутьевой установки производится при помощи направляющих аппаратов.

Выбор дутьевых вентиляторов и электромоторов к ним производится по графическим кривым работы вентиляторов и с учетом условий их работы в котельной.

Теоретические характеристики вентиляторов подсчитаны для температуры воздуха 20°, $\gamma = 1{,}2$ *кг/м³*, $\varphi = 50\%$, $P = 760$ *мм* рт. ст.

Вентиляторы изготовляются правого и левого вращений.

Окончательная сварка опоры и кожуха вентилятора производится на месте монтажа в соответствии с направлением и углом разворота выходного отверстия.

Таблица 50

Основные характеристики дутьевых вентиляторов

№ и тип машины	Число об/мин	Производительность Q в $м^3/час$	Полный напор $H_п$ в *мм* вод. ст.	Коэффициент полезного действия в %	Потребная мощность на валу вентилятора в *квт*	Тип электромотора	Мощность мотора по каталогу в *квт*
ВД № 6	970	2 500	87	60	1	АО-42-6	1,7
		5 000	98	65	1,9	АО-51-6	2,8
		6 500	94	60	2,9	АО-52-6	4,5
	1 450	3 800	195	60	3,3	АО-52-4	7
		6 000	215	65	5,2	АО-52-4	7
		10 000	210	60	9,3	АО-63-4	14
ВД № 8	730	4 200	88	60	1,8	АО-62-8	4,5
		8 000	98	65	3,3	АО-62-8	4,5
		12 000	95	60	5,2	АО-63-8	7
	970	6 500	155	60	4	АО-62-6	7
		10 000	170	65	7	АО-63-6	10
		18 000	155	60	13,5	АО-73-6	20
ВД № 10	485	5 500	60	60	1,5	АО-62-12/6	2
		12 000	67	65	3,4	АО-72-12/6	4,5
		15 500	65	60	4,5	АО-73-12/6	6,5
	730	8 000	135	60	5	АО-72-8	10
		16 000	150	65	10	АО-73-8	14
		23 000	145	60	15	АО-82-8	20
	970	11 500	240	60	12	АО-73-6	20
		20 000	270	65	22	АО-82-6	28
		31 500	260	60	36	АО-83-6	40
ВД № 12	485	10 000	87	60	4	АО-73-12/6	6,5
		17 500	97	65	7	АО-82-12/6	9
		27 000	93	60	13	АО-93-12/6	18
	730	15 000	195	60	13	АО-82-8	20
		25 000	220	65	23	АО-83-8	28
		45 000	200	60	45	АО-94-8	55
	970	20 000	350	60	32	АО-83-6	40
		35 000	380	65	55	АО 94-6	75
		55 000	360	60	95	ГАМ-6-117-6	115

5. БОРОВА И ГАЗО-ВОЗДУХОВОДЫ

Площадь сечения борова определяется по формуле

$$F_{бор} = \frac{B_ч \Sigma V_г (T_{бор} + 273)}{3\,600 \cdot 273\, W_{бор}} \; м^2,$$

где $T_{бор}$ — температура газов в борове в град.;

$W_{бор}$ — скорость газов, принимаемая в сборных боровах: при естественной тяге 3—4 *м/сек*, при искусственной тяге 6—12 *м/сек*.

$B_ч$ — расход топлива в *кг/час*;

$\Sigma V_г$ — объем дымовых газов в $нм^3$ на 1 *кг* топлива.

Стенки боровов выполняются: подземные — толщиной $1^1/_2$—2 кирпича; надземные — 2—$2^1/_2$ кирпича; своды — 1 кирпич.

При расчете воздуховодов скорости воздуха подбираются так, чтобы суммарная потеря давления в воздуховоде не превышала 20—25 *мм* вод. ст.

Для ориентировочного определения площади сечения воздуховодов скорость воздуха в них следует принимать равной 6—10 *м/сек*.

Воздуховоды обычно выполняются из стали толщиной 2—3 *мм*.

Газопроводы выполняются из стали толщиной 3—5 *мм*.

Воздуховоды и газопроводы рекомендуется выполнять круглого сечения.

Газопроводы и воздуховоды горячего воздуха изолируются.

6. ПИТАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

В промышленных и отопительных котельных установках для питания паровых котлов должно быть установлено не менее двух питательных насосов, приводимых в действие независимо один от другого, один из которых должен быть с паровым приводом. Допускается установка обоих питательных насосов с паровым приводом.

Производительность каждого насоса должна быть не менее 120% номинальной производительности всех рабочих котлов.

При установке трех и более питательных насосов суммарная производительность их должна быть такой, чтобы при временном выходе из строя самого мощного насоса суммарная производительность остальных составила не менее 120% номинальной производительности всех рабочих котлов, а суммарная производительность насосов с паровым приводом была бы не менее 120% номинальной производительности всех рабочих котлов.

Взамен насосов с паровым приводом разрешается применение паровых инжекторов в том же количестве и той же производительности, как и паровых насосов.

Для питания паровых котлов с рабочим давлением не выше 4 *ати* и паропроизводительностью не выше 500 *кг/час* в качестве резервного питательного насоса допускается применение ручного насоса, который может быть заменен водопроводом, если давление в последнем непосредственно у котла превышает разрешенное давление в котле не менее чем на 1,5 *атм*.

Для питания паровых котлов с рабочим давлением не выше 4 *ати* и паропроизводительностью до 150 *кг/час* допускается установка одного питательного насоса, в том числе ручного.

Для питания паровых котлов с рабочим давлением не свыше 0,7 *ати* должны быть установлены питательные приборы, имеющие производительность не менее указанной в табл. 51.

Таблица 51

Производительность питательных насосов

Общая поверхность нагрева котлов в $м^2$	Общее количество питательных приборов	Из них		
		ручной насос		центробежный или приводной насос
		количество	диаметр всасывающего патрубка в *мм*	количество
До 25	1	1	25	—
100	2	1	32	1
Более 100	3	1	Не менее 38	2

Производительность каждого насоса должна быть не менее производительности всех одновременно действующих котлов.

Водопровод может заменить один из питательных насосов, если давление воды в водопроводе непосредственно у котла превышает рабочее давление в нем не менее чем на 1 *атм*.

Водогрейная котельная, нагревающая воду до 115°, должна быть снабжена не менее чем одним ручным насосом, установленным так, чтобы его можно было переключить с питания на выкачивание воды из котлов в раковину.

Выбор питательных насосов производится по каталогам заводов-изготовителей. Характеристики наиболее часто устанавливаемых питательных насосов приведены в табл. 51а.

Таблица 51а

Характеристика питательных насосов

Тип насоса	Марка насоса	Производительность в $м^3/час$	Полный напор в *м* вод. ст.	Число об/мин	Рекомендуемая мощность двигателя в *квт*
Центробежно-вихревые	2,5 ЦВ-0,8	5	200	2 900	14
	то же	9	124	2 900	14
	"	12	72	2 900	14
	2,5 ЦВ-1,1	10	224	2 900	20
	то же	18	115	2 900	20
	"	24	56	2 900	20
	2,5 ЦВ-1,3	15	212	2 900	28
	то же	22	120	2 900	28
	"	29	53	2 900	28
	2,5 ЦВ-1,5	20	200	2 900	40
	то же	27	112	2 900	40
	"	34	53	2 900	40
Центробежные насосы типа „Комсомолец"	КСМ-30	30	75—175	1 500	14—30
	КСМ-50	50	75—175	1 500	21—48
Вертикальные поршневые паровые насосы	46 ГМ	5,5—14	200	—	—
	ПНП-1	10—25	200	—	—
Горизонтальные поршневые паровые насосы	И-49-9	1,3—1,9	130	—	—
	ПНП-12 М	0,9—2	200	—	—
	ПНП-5-II	2,3—5,8	200	—	—
	В-2(БНП)	7—14	120	—	—
	В-3	15—30	120	—	—
	"	13—40	200	—	—

Диаметр патрубка ручного насоса должен быть не менее 25 *мм* при наличии в котельной только секционных чугунных котлов или стальных безбарабанных трубчатых котлов и 32 *мм* при наличии жаротрубных котлов.

Если напор воды в водопроводе, питающем котлы или отопительную систему, меньше статического давления в нижней точке системы плюс 1 *атм*, то дополнительно к одному ручному насосу в котельной требуется установить:

а) при водогрейных котлах, работающих на систему отопления, для подпитки системы при общей поверхности нагрева до 150 $м^2$ — второй ручной насос;

б) то же, при общей поверхности нагрева свыше 150 $м^2$ — приводной центробежный насос соответствующего напора;

в) при котлах, работающих на горячее водоснабжение, общей поверхностью нагрева до 25 $м^2$ — второй ручной насос производительностью, равной двойной производительности котла; при большей поверхности нагрева — приводной насос двойной производительности.

При искусственной циркуляции воды в отопительной системе нужно устанавливать не менее двух циркуляционных насосов, один из которых является резервным.

IV. ВОДОПОДГОТОВКА

I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1) Характеристика исходной воды

В качестве питательной воды для котлов используется смесь конденсата с химически очищенной водой.

Для предотвращения коррозии металла котлов питательная вода подвергается обескислороживанию.

В качестве исходной воды используется поверхностная вода рек, озер, прудов и других водоемов и грунтовая артезианская вода.

Поверхностная вода может иметь различные загрязнения; она содержит механические примеси и органические вещества. Состав ее изменяется в зависимости от времени года и атмосферных условий.

Грунтовая артезианская вода обычно не содержит механических примесей и органических веществ и отличается постоянством химического состава.

2) Показатели качества воды

Основными показателями качества воды являются: прозрачность, сухой остаток (общее солесодержание), жесткость, щелочность и окисляемость.

Прозрачность характеризуется содержанием в воде взвешенных веществ, дающих муть; она измеряется в сантиметрах высоты столба, сквозь который еще возможно чтение шрифта определенного размера.

Сухим остатком называются минеральные и органические вещества, остающиеся после выпаривания профильтрованной пробы воды и последующего высушивания осадка до постоянного веса при температуре 105—110 °.

Количество сухого остатка выражается в *мг/л*.

Общая жесткость воды определяется суммарным количеством растворенных в ней накипеобразователей — солей кальция и магния.

Общую жесткость подразделяют на карбонатную (временную) и некарбонатную (постоянную).

Карбонатную жесткость составляют находящиеся в растворе бикарбонаты кальция $Ca(HCO_3)_2$ и магния $Mg(HCO_3)_2$, а некарбонатную — сульфаты и хлориды кальция и магния $CaSO_4$, $MgSO_4$, $CaCl_2$, $MgCl_2$:

$$H_0 = H_к + H_{нк},$$

где H_0 — общая жесткость;

$H_к$ — карбонатная жесткость (временная);

$H_{нк}$ — некарбонатная жесткость (постоянная).

В СССР с 1952 г. принята единица измерения жесткости воды — миллиграмм-эквивалент на литр (*мг-экв/л*). 1 *мг-экв/л* отвечает содержанию 20,04 *мг* Ca^{+2} (28,04 *мг* CaO) или 12,16 *мг* Mg^{+2} (20,16 *мг* MgO).

Для перевода ранее принятых градусов жесткости в миллиграмм-эквивалент на литр необходимо число градусов умножить на 0,35663 или разделить на 2,804.

Щелочность воды обусловливается присутствием в ней гидроксильного, карбонатного и бикарбонатного анионов, соответственно чему различают гидратную, карбонатную и бикарбонатную щелочность.

Природная вода содержит HCO_3, причем величина щелочности в большинстве случаев совпадает с величиной карбонатной жесткости воды. Щелочность воды принято выражать в тех же единицах, что и жесткость.

Окисляемость есть косвенная характеристика загрязненности воды органическими веществами, выражаемая в миллиграммах кислорода или окислителя перманганата калия $KMnO_4$, израсходованных на окисление органических веществ в 1 *л* пробы воды.

3) Требования к качеству питательной воды

Для котлов промышленных котельных с рабочим давлением до 16 *ати* общая жесткость питательной воды не должна превышать: для водотрубных котлов 0,3 *мг-экв/л*, для котлов с дымогарными трубами 0,5 *мг-экв/л*.

Эти требования, согласно «Правилам устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов» распространяются на паровые котлы (кроме прямоточных) производительностью 2 *т/час* и более.

При питании котлов производительностью менее 2 *т/час* необработанной водой или смесью ее с конденсатом или с катионированной водой необходимо следить за тем, чтобы толщина накипи на наиболее теплонапряженных участках поверхностей нагрева не превышала 1 *мм*.

Содержание кислорода в питательной воде для паровых котлов производительностью 2 *т/час* и более не должно превышать: для котлов со стальными водяными экономайзерами 0,03 *мг/л*, для котлов без экономайзеров или с чугунными экономайзерами 0,1 *мг/л* при жесткости питательной воды менее 0,5 *мг-экв/л*.

2. ОБРАБОТКА ВОДЫ

1) Основные способы борьбы с накипеобразованием в промышленных котельных

Для борьбы с накипеобразованием в паровых котлах применяют обработку воды или до поступления ее в котлы, или внутрикотловую.

Внутрикотловая обработка воды применяется для неэкранированных котлов низкого давления, позволяющих осуществить надежный отвод образующегося шлама во время работы котельных агрегатов.

Все вновь вводимые в эксплуатацию паровые котлы производительностью 2 *т/час* и более должны быть оборудованы водоочистными устройствами.

2) Процессы обработки воды

Умягчение воды осуществляется методом катионного обмена и методом осаждения накипеобразователей.

Осаждение накипеобразователей осуществляется в установках химического и термохимического водоумягчения. Для этих установок предварительная обработка поверхностной воды (коагуляция, осветление) не обязательна.

В установках умягчения воды методом катионного обмена поверхностная вода требует коагуляции и осветления.

3. ДОКОТЛОВАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ

1) Удаление из воды взвешенных веществ

Удаление взвешенных веществ осуществляется путем отстаивания и фильтрации воды или только путем фильтрации.

В качестве фильтрующих материалов применяют дробленый гравий, кварцевый песок, мраморную крошку и др.

При фильтрации горячей щелочной воды в качестве фильтрующего материала применяют антрацит, магномассу и обожженный доломит.

В отстойниках содо-известкового водоумягчения применяют древесно-шерстные фильтры.

Скорость пропуска воды через минеральные фильтры при наличии предварительного отстоя 6,5 *м/час*, при отсутствии отстоя 5 *м/час*.

2) Коагуляция

Коагуляцию применяют для удаления из воды коллоидальных веществ.

В качестве коагулянтов применяют глинозем (сернокислый алюминий) и сернокислое железо (железный купорос).

Дозировку железного купороса ($FeSO_4$) ориентировочно принимают:

в период весеннего паводка	~0,7	*мг-экв/л*
летом	~ 0,35	»
зимой	~ 0,18	»

В результате коагуляции карбонатная жесткость воды снижается на величину, зависящую от дозировки коагулянта, а некарбонатная жесткость соответственно увеличивается; общая же жесткость остается без изменения.

Таблица 52

Характеристика осветительных однопоточных фильтров диаметром от 377 до 820 *мм* (рис. 48)

Обозначение	Единица измерения	Наружный диаметр фильтра в *мм*			
		377	478	720	820
Высота загрузки	*мм*	900	900	900	900
H	»	2 400	2 400	2 600	2 600
A	»	280	330	470	500
Вес металла (без арматуры)	*кг*	350	440	640	700
Нагрузочный вес (на фундамент)	*т*	0,5	0,6	1,6	1,8

Примечания. 1. Рабочее давление 8 *кг/см*^{2}.
2. Фильтр диаметром 377 *мм* с плоскими днищами.

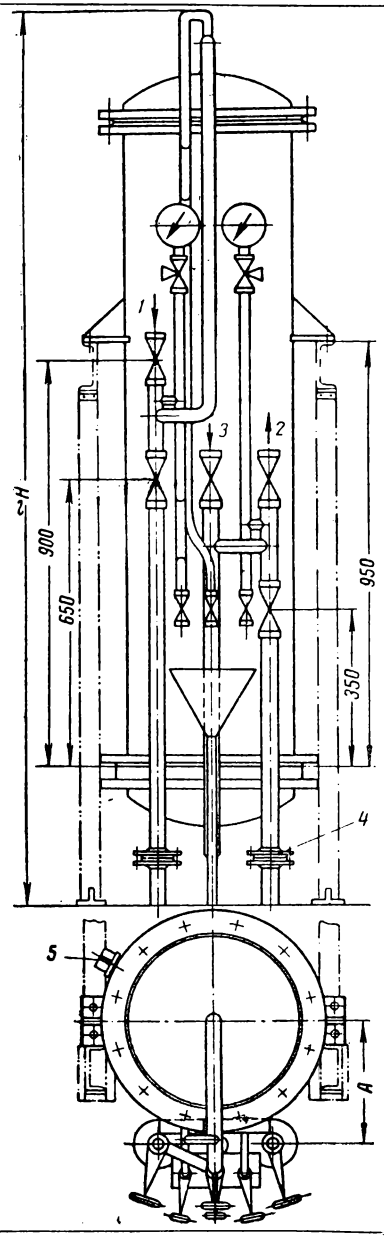


Рис. 48. Фильтры осветлительные однопоточные диаметром от 377 до 820 *мм*

1 — вход обрабатываемой воды; *2* — выход осветленной воды; *3* — подвод промывной воды; *4* — дроссельные шайбы; *5*—люк для гидровыгрузки

Таблица 53

Характеристика осветлительных однопоточных фильтров диаметром от 1 000 до 3 000 *мм* (рис. 49)

Обозначение	Единица измерения	Наружный диаметр фильтра в *мм*				
		1 000	1 500	2 000	2 500	3 000
H	*мм*	2 930	3 095	3 355	3 645	3 667
H_1	„	855	1 090	1 300	1 565	1 595
H_2	„	373	325	400	475	526
H_3	„	598	850	945	1 170	1 200
H_4	„	550	550	550	550	550
H_5	„	300	400	445	550	575
H_6	„	550	750	1 000	925	1 100
$H_{сл}$	„	900	900	900	900	900
Вес металла без арматуры	*кг*	1 073	1 491	2 455	4 195	5 200
Нагрузочный вес	„	3 300	9 500	10 000	25 250	29 000

Примечания. 1. Рабочее давление фильтров 6 *кг/см*^{2}.
2. Загрузочный материал (кварц, песок, антрацит).

Снижение карбонатной жесткости на 1 *мг-экв/л* обусловливается нижеследующими дозировками коагулянтов:

57,02 *г/м*^{3} $Al_2(SO_4)_3$

111,07 *г/м*^{3} $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$

66,65 *г/м*^{3} $Fe_2(SO_4)_3$

139,01 *г/м*^{3} $FeSO_4 \cdot 7H_2O$

При коагуляции воды с карбонатной жесткостью менее 1,5 *мг-экв/л* для улучшения процесса коагуляции дозируют щелочи из расчета на 1 *мг-экв* коагулянта 1 *мг-экв* щелочи.

В напорных установках коагуляции для ввода коагулянта и щелочи применяют шайбовые дозаторы, в открытых установках коагуляции — дозаторы-вытеснители.

Химический состав глинозема сернокислого технического по ГОСТ 18180-40 (для очистки воды применяется сорт В):

Al_2O_3 . . . . . не менее 13,5 %

H_2SO_4 (свободная) . . . . . не более 0,1 %

$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ . . . . . не менее 88,2 %

Нерастворимый в воде остаток — не более 1%.

Глинозем (сернокислый алюминий) технический перевозится навалом в закрытых железнодорожных вагонах.

Технические условия, которым должен соответствовать железный купорос (по ГОСТ 6981-54), приведены в табл. 54.

Таблица 54

Железный купорос

Наименование показателей	Нормы по маркам	
	А	Б
Внешний вид и цвет	Зеленовато-голубые кристаллы разных размеров	
Содержание сернокислой закиси железа ($FeSO_4$) в % не менее	53	47
Содержание свободной серной кислоты в % не более	0,25	1
Содержание нерастворимого остатка в % не более	0,4	1

3) Катионообменное умягчение

Na-катионирование (натрий-катионирование).

Умягчение воды Na-катионитом осуществляется в процессе ее фильтрации через слой катионита (например, сульфоугля: табл. 55), на поверхности частиц которого содержится катион натрия, способный замещаться другими катионами.

При фильтрации воды через такой катионит происходит замена катионов кальция и магния на катион натрия.

В результате в умягченной воде остаются только натриевые соли, обладающие большой растворимостью и не способные в силу этого к образованию накипи.

Таблица 55

Характеристика сульфоугля

Показатель	Единица измерения	Величина
Диаметр зерен	*мм*	0,5—1
Насыпной вес:		
воздушно-сухого материала	*т/м*³	0,6—0,7
влажного материала	„	0,5—0,6
Рабочая емкость поглощения при Na-катионировании	*г-экв/м*³	400—500
Нормальная температура обрабатываемой воды	град.	20—30
Верхний предел температурной стойкости	„	70
Годовой износ	%	10—15

Примечание. Емкостью поглощения или объемной обменной способностью называют количество грамм-эквивалентов катионов, которое может поглотить 1 *м*³ катионитового материала (*г-экв/м*³).

Регенерация катионита

Истощенный катионит после взрыхления регенерируют промыванием раствором поваренной соли NaCl (5—10%), при этом катионы натрия вытесняют из него ранее поглощенные катионы кальция и магния, которые переходят в промывочный раствор поваренной соли.

Катионит, обогащенный обменными катионами натрия, вновь получает способность умягчать жесткую воду.

После регенерации катионит должен быть отмыт от продуктов регенерации ($CaCl_2$, $MgCl_2$) и остатка поваренной соли (NaCl).

Отмывочные воды вначале сбрасывают в дренаж, а затем направляют в бак для повторного использования при очередном взрыхлении фильтра. Регенерация фильтра продолжается 1,5 часа.

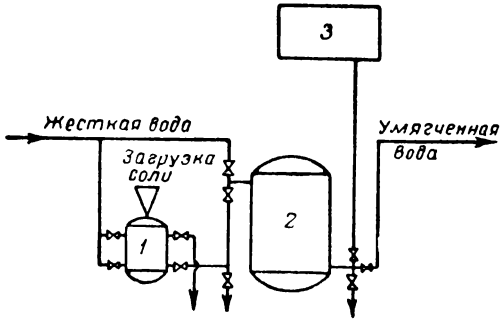


Рис. 50. Схема Na-катионитовой установки с повторным использованием раствора соли

1 — солерастворитель; *2* — катионитовый фильтр; *3* — бак

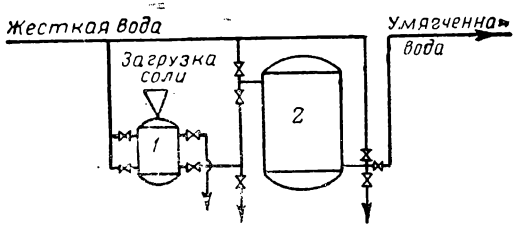


Рис. 51. Схема Na-катионитовой установки без повторного использования регенерационного раствора соли

1 — солерастворитель; *2* — катионитовый фильтр

Схемы Na-катионитовых установок. Принципиальные схемы Na-катионитового умягчения воды представлены на рис. 50 и 51.

Для небольшой производительности установок и при недостаточных размерах помещений бак повторного использования раствора соли не устанавливается, а взрыхление фильтров производится из линии жесткой воды.

При наличии в исходной воде взвешенных веществ катионированию предшествуют коагуляция и осветление воды на механических фильтрах; при необходимости снижения щелочности катионированной воды осуществляют предварительное известкование воды или применяют другие способы.

При докотловой обработке воды в промышленных котельных число катионитовых фильтров должно быть не менее двух; при частичном Na-катионировании допускается установка одного катионитового фильтра. Фильтры изготовляются диаметром от 194 до 3 000 *мм* и выше.

Выбор оборудования для Na-катионитового умягчения. Выбор Na-катионитовых фильтров производится из расчета длительности работы фильтра от одной регенерации до другой или из расчета количества регенераций фильтра в сутки.

Количество регенераций фильтров (n) определяется по формуле

$$n = \frac{QH \cdot 24}{fh\,(e - pH)},$$

где Q — количество умягчаемой воды в *м³/час*;
H — жесткость умягчаемой воды в *мг-экв/л*;
f — площадь фильтрации фильтра в *м²*;
h — высота слоя катионитового материала в фильтре в *м*;
e — емкость поглощения катионитового материала (объемная) в *г-экв/м³*;
p — расход воды на отмывку 1 *м³* катионита после регенерации в *м³*.

Таблица 56

Фильтры натрийкатионитовые диаметром от 194 до 820 *мм* (рис. 52)

Оборудование	Единица измерения	Наружный диаметр $D_н$ в *мм*															
		194		273		377		426		478		720		820			
Высота загрузки	*мм*	2 000	3 000	2 000	3 000	2 000	3 000	2 000	3 000	2 000	3 000	2 000	3 000	2 000	3 000	2 000	3 000
H	"	3 200	4 500	3 200	4 500	3 210	4 510	3 320	4 620	3 360	4 660	3 500	4 800	3 552	4 862		
B	"	410		500		595		670		800		1 080		1 240		1 240	
M	"	175		220		280		315		370		500		600		600	
Вес металла	*кг*	220	260	310	370	510	640	590	710	680	810	960	1 110	1 300	1 520		
Нагрузочный вес (на фундамент)	*т*	0,4	0,4	0,5	0,7	0,9	1,2	1,1	1,4	1,3	1,7	2,4	3,1	3,2	4		

Примечания. 1. Рабочее давление *8 кг/см²*.
2. Фильтры диаметром 194, 273 и 377 *мм* с плоским днищем.

Таблица 57

Фильтры Na-катионитовые диаметром от 1 000 до 3 000 *мм*

Обозначение	Единица измерения	Наружный диаметр фильтра в *мм*				
		1 000	1 500	2 000	2 500	3 000
$H_{сл}$	*мм*	2 000	2 000	2 500	2 500	2 500
			3 000	3 500	3 500	3 500
H	"	3 745	4 095	5 010	5 180	5 330
			5 445	6 185	6 480	6 630
Площадь поперечного сечения	*м²*	0,783	1,78	3,2	4,9	7,1
Вес без арматуры	*кг*	1 268	2 173	3 404	5 231	7 054
			2 431	4 040	6 151	8 246
Нагрузочный вес	"	5 300	9 000	17 500	31 050	40 000
			11 700	23 400	36 800	52 000

Примечание. Рабочее давление 6 *кг/см²*.

Суточное количество регенераций следует иметь не более трех при скоростях фильтрации в пределах 5—30 *м/час*.

Выбор солерастворителя производится с учетом необходимого его объема для загрузки поваренной соли в количестве, потребном для одной регенерации фильтра.

Солерастворители изготовляются диаметром от 194 до 1 020 *мм* и выше.

Расход соли (B) на одну регенерацию Na-катионитового фильтра определяется по формуле

$$B = \frac{fheb}{1{,}000}\ кг,$$

где b — удельный расход поваренной соли; принимается 200—235 *г/г-экв* емкости поглощения катионита.

Солерастворители диаметром 194 и 377 *мм* имеют плоские днища.

Загрузка — антрацит или кварцевый песок 0,5—1 *мм*; высота слоя 400 *мм*.

Таблица 58

Характеристики солерастворителей диаметром от 194 до 478 *мм* (рис. 53)

Обозначение	Единица измерения	Наружный диаметр солерастворителя в *мм*		
		194	377	478
H	*мм*	1 730	1 730	1 725
B	"	480	650	830
A	"	245	345	395
M	"	170	240	370
Полезная емкость	*м³*	0,016	0,06	0,1
Вес металла	*кг*	160	320	370
Нагрузочный вес (на фундамент)	*т*	0,3	0,6	0,7

Примечание. Рабочее давление 8 *кг/см²*.

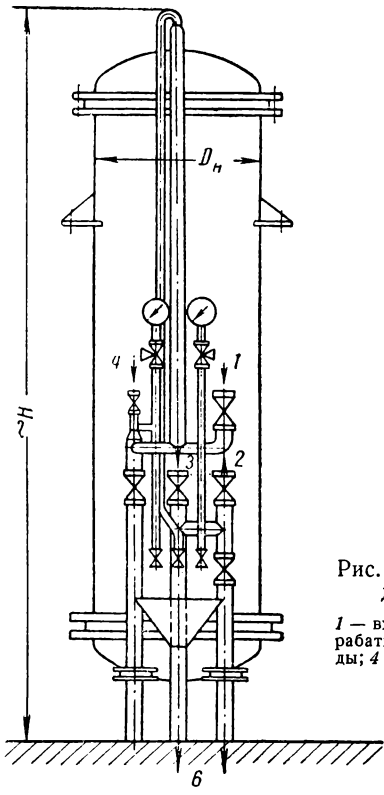
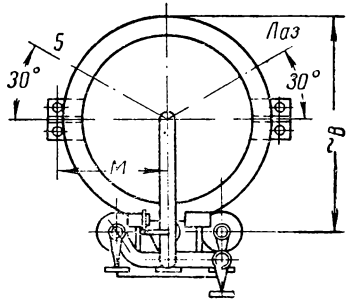


Рис. 152. Фильтры Na-катионитовые диаметром от 194 до 820 *мм*

1 — вход обрабатываемой воды; *2* — выход обрабатываемой воды; *3* — подвод промывной воды; *4* — вход соляного раствора; *5* — гидравлическая выгрузка; *6* — дренаж



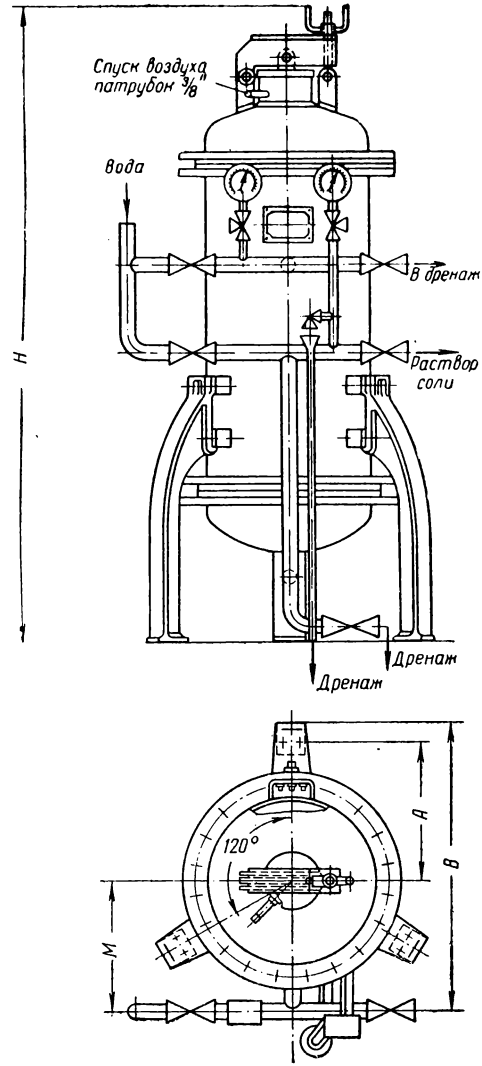


Рис. 53. Солерастворитель диаметром от 194 до 478 *мм*

4) Н-катионирование (водород-катионирование)

При фильтрации воды через Н-катионит происходит замещение катионов кальция и магния катионом водорода.

Регенерация истощенного Н-катионита производится обычно раствором серной кислоты (1—1,5%); расход 100%-ной кислоты составляет примерно 50 *г* на 1 *г-экв/м*^{3} поглощенных Н-катионитом накипеобразователей.

Н-катионитовый способ умягчения воды комбинируется с Na-катионитовым способом и применяется в тех случаях, когда необходимо снизить щелочность воды, умягченной Na-катионитом.

Различают три комбинации умягчения воды Н- и Na-катионированием: а) параллельное; б) последовательное; в) совместное.

Для Н-катионирования применяются фильтры аналогичной конструкции с Na-катионированием, но выполненные или из кислотостойкого материала, или имеющие кислотостойкую футеровку.

Загрузка Н-катионитовых фильтров производится сульфоуглем.

Общая щелочность воды, умягченной Na-катионитом, примерно равна величине карбонатной жесткости исходной воды.

Кислотность воды, умягченной Н-катионитом, приблизительно соответствует величине некарбонатной жесткости исходной воды.

Химический состав серной кислоты технической см. по ГОСТ 2184-43.

5) Известково-содовое водоумягчение

При известково-содовом водоумягчении карбонатные накипеобразователи и свободная углекислота осаждаются в шлам едкой известью $Ca(OH)_2$, а некарбонатные накипеобразователи — кальцинированной содой Na_2CO_3.

Остаточная жесткость воды при известково-содовом способе обычно составляет 0,2—0,4 *мг-экв/л*.

Повышение температуры обрабатываемой воды до 80—90° способствует снижению величины остаточной жесткости.

Известково-содовая обработка воды осуществляется в отстойнике-осветлителе с фильтрованием через древесную шерсть или через зернистый осветлительный фильтр (рис. 54).

При производительности известково-содовых установок свыше 25 *м*^{3}*/час* обрабатываемую воду целесообразно фильтровать только через зернистый фильтр.

Расчет реагентов известково-содового водоумягчения. Расчетный расход 100%-ной негашеной извести (CaO) в граммах на обработку 1 *м*^{3} умягчаемой воды определяется по формуле

$$CaO = 28\,(H_к + H_{Mg} + H_{CO_2} + H_{Fe} + K + 0{,}35),$$

где CaO — расход извести в *г/м*^{3};

28 — грамм-эквивалент окиси кальция (CaO).

В отдельных случаях для той же цели, что и водород-натрийкатионирование, применяется аммоний-натрийкатионирование (в настоящем справочнике не описывается).

$H_к$ — карбонатная (временная) жесткость обрабатываемой воды в *мг-экв/л*;

H_{Mg} — магниевая жесткость обрабатываемой воды в *мг-экв/л*;

H_{CO_2} — содержание в обрабатываемой воде свободной углекислоты в *мг-экв/л*;

H_{Fe} — содержание в воде железа в *мг-экв/л*;

K — количество коагулянта, дозируемое в обрабатываемую воду, в *мг-экв/л*;

0,35 — избыток извести в *мг-экв/л*.

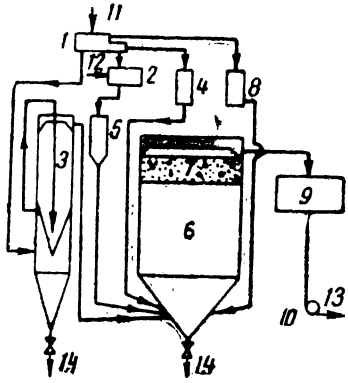


Рис. 54. Схема известково-содовой обработки воды с фильтрованием через древесно-шерстяной фильтр

1 — распределитель воды; *2* — подогреватель; *3* — сатуратор; *4* — дозатор соды; *5* — воздухоотделитель; *6* — отстойник-осветлитель; *7* — древесно-шерстный фильтр; *8* — дозатор коагулянта; *9* — бак обработанной воды; *10* — насос обработанной воды; *11*—сырая вода; *12* — пар; *13* — обработанная вода; *14* — дренаж

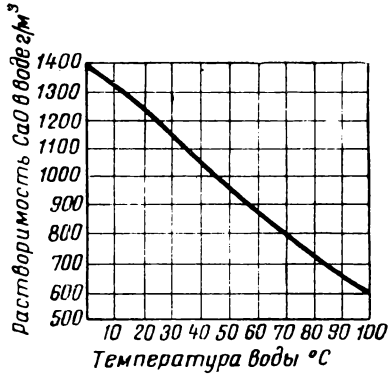


Рис. 55. Растворимость CaO в воде в *г/м³* в зависимости от температуры воды

Расчетный расход 100%-ной кальцинированной соды (Na_2CO_3) в граммах на обработку 1 *м³* умягчаемой воды определяется по формуле

$$Na_2CO_3 = 53\,(H_{нк} + H_{Na_2CO_3} + K),$$

где Na_2CO_3 — расход кальцинированной соды в *г/м³*;

53 — грамм-эквивалент карбоната натрия (Na_2CO_3);

$H_{нк}$ — некарбонатная жесткость обрабатываемой воды в *мг-экв/л*;

$H_{Na_2CO_3}$ — избыток кальцинированной соды для обеспечения полноты умягчения в *мг-экв/л*;

K — доза коагулянта в *мг-экв/л*.

Выбор сатуратора и отстойника. Часовой расход воды на сатуратор определяется отношением часового расхода химически чистой извести CaO в *г/час* к растворимости ее в воде в *г/м³* (рис. 55).

Размеры сатуратора принимаются в зависимости от соотношения кальциевой и магниевой жесткости в обрабатываемой воде.

Для воды с отношением $\frac{CaO}{MgO} \geqslant 2{,}5$ объем сатуратора принимается равным шестикратной его производительности по воде, а для воды с отношением $\frac{CaO}{MgO} < 2{,}5$ — равным восьмикратной его производительности по воде.

Скорость подъема воды в сатураторе принимается в зависимости от температуры обрабатываемой воды.

Таблица 59

Скорость подъема воды в зависимости от температуры

Температура обрабатываемой воды в град.	5	10	20	30	40	60
Скорость подъема воды в сатураторе в *м/час*	0,62	0,72	0,93	1,36	1,58	1,99

Размеры отстойника-осветлителя выбираются исходя из его производительности и температуры воды в нем.

Для дозировки раствора кальцинированной соды применяют дозаторы-вытеснители. Концентрация дозируемого содового раствора не должна быть больше 10%.

Для отстойников должна применяться древесная шерсть из липы, осины, березы при толщине стружки не более 0,2 *мм*, ширине — не более 3 *мм* и длине — не менее 500 *мм*.

Объемный вес древесной шерсти в набитом состоянии принимается в расчетах равным 0,25 *т/м*^{3}.

Таблица 60

Сатураторы (рис. 56)

Обозначение	Единица измерения	Полный объем сатураторов в *м*^{3}					
		3,4	7,3	11,7	17	26,5	35
$D_н$	*мм*	1 010	1 338	1 678	2 008	2 350	2 678
H	"	5 200	6 490	6 785	7 085	8 110	8 394
Площадь сечения	*м*^{2}	0,8	1,4	2,8	3,1	4,3	5,6
Вес металла	*кг*	941	1 635	2 135	2 596	3 675	4 790
Нагрузочный вес	*т*	4,8	9,7	15	21,2	32,8	48

Продолжение табл. 60

Обозначение	Единица измерения	Полный объем сатураторов в *м*^{3}				
		50,7	61	102	138	310
$D_н$	*мм*	3 010	3 310	4 022	4 604	6 690
H	"	9 345	9 492	10 884	11 350	13 200
Площадь сечения	*м*^{2}	7,1	8,6	12,6	16,6	35
Вес металла	*кг*	5 950	6 200	9 272	12 300	22 120
Нагрузочный вес	*т*	62	72,8	121,6	164,3	363,3

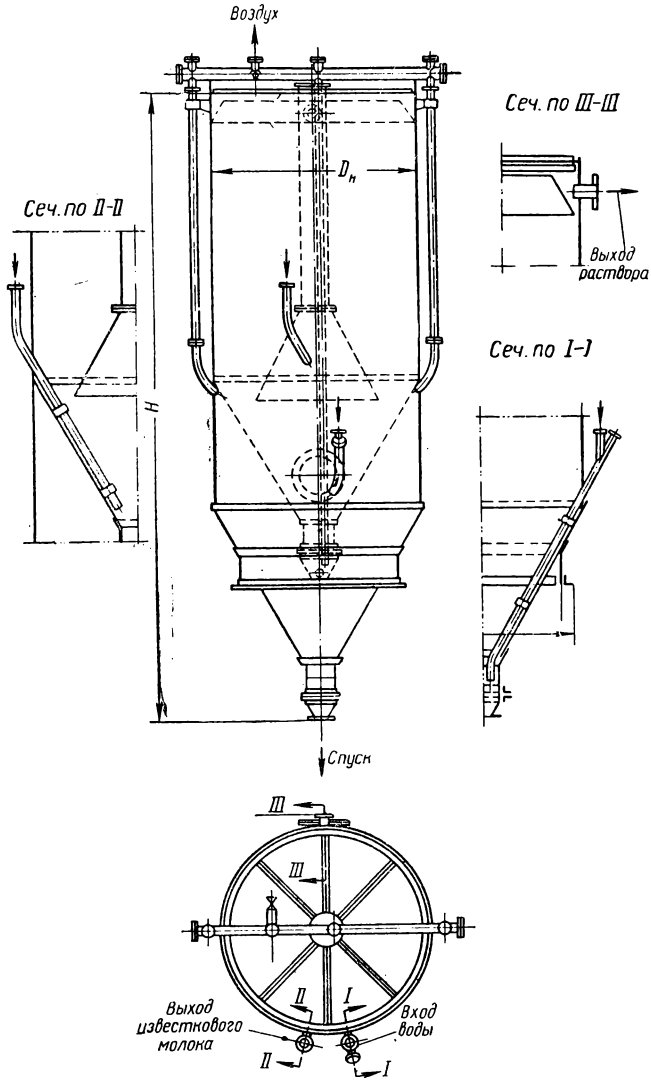


Рис. 56. Сатураторы

Таблица 61

Примерные показатели для выбора отстойников-осветлителей

Наименование метода обработки воды	Температура обрабатываемой воды в град.	Вода с магнезиальной жесткостью, равной или меньше 50% от общей ее жесткости			Вода с магнезиальной жесткостью, превышающей 50% от общей ее жесткости		
		время пребывания воды в отстойнике в часах	скорость подъема воды в зоне взвешенного шлама в *м/час*	скорость подъема воды в осветленной зоне в *м/час*	время пребывания воды в отстойнике в часах	скорость подъема воды в зоне взвешенного шлама в *м/час*	скорость подъема воды в осветлительной зоне в *м/час*
Умягчение воды известью, содой или едким натрием совместно с коагуляцией	40	2	4,5	2,8	3	4,5	2,5
	90	1,8	4,7	3	2,7	4,7	2,7

Химические реагенты. Реагентами для содо-известковой химической водоочистки используются известь и сода.

Различают следующие виды строительно-воздушной извести: известь негашеная комовая, известь гидратная (пушонка) и известковое тесто.

Кальцинированная сода — белый растворимый в воде порошок; при растворении соды марки «техническая» допускается легкая муть.

Потери при прокаливании соды в двойном тигле не должны превышать 3,5%.

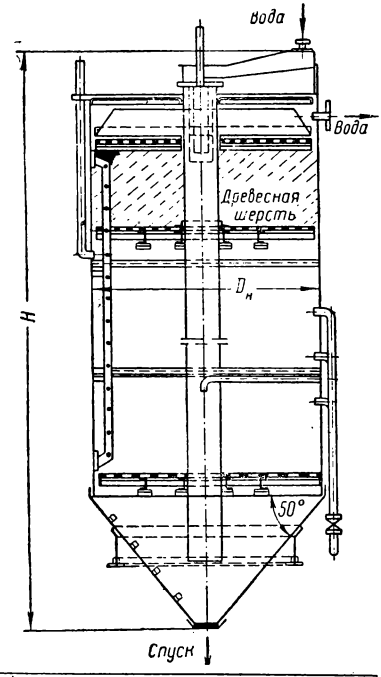


Рис. 57. Отстойник с древесно-шерстным фильтром

Таблица 62

Отстойник с древесно-шерстным фильтром (рис. 57)

Обозначение	Единица измерения	Объем отстойника в $м^3$				
		28	13	42	73	18
$D_н$	*мм*	2 678	2 008	3 120	4 010	2 242
H	„	5 093	5 459	7 256	7 920	5 910
Вес металла	*кг*	3 660	2 880	4 990	7 520	2 770
Нагрузочный вес	*т*	31	16	47	81	21

Химический состав кальцинированной соды марки «техническая» (по ГОСТ 5100-49):

натрий углекислый (Na_2CO_3)	не менее 95%
» хлористый (NaCl)	» более 1%
» сернокислый (Na_2SO_4)	» определяется
железо (Fe)	» нормируется

Химический состав натрия едкого технического (соды каустической) по ГОСТ 2263-43:

		Сорт А	Сорт Б
NaOH	не менее	95%	92%
Na_2CO_3	» более	3%	4%
NaCl	» »	1,5%	3,75%

6) Деаэрация воды

Деаэрация применяется для удаления из питательной воды растворенных в ней кислорода и других газов.

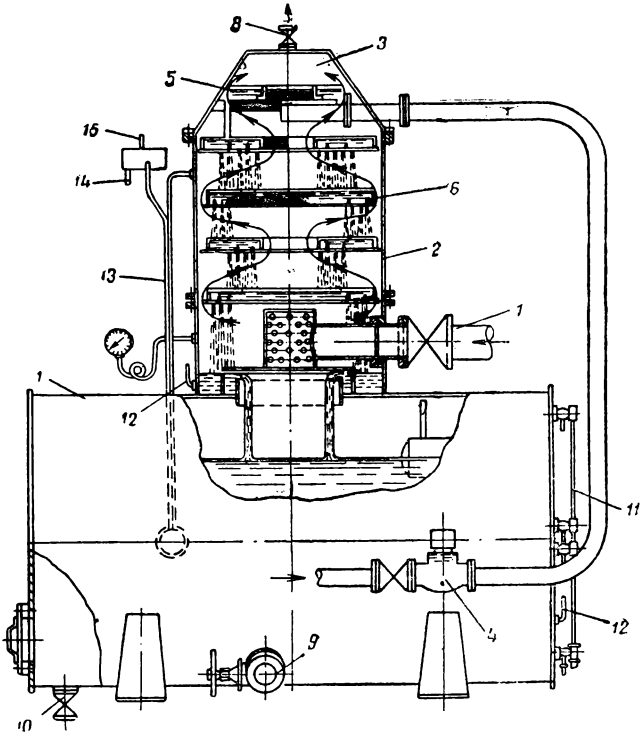


Рис. 58. Схема атмосферного деаэратора смешивающего типа
1 — бак деаэрированной воды; *2* — колонка деаэратора; *3* — крышка; *4* — поплавковый регулятор уровня; *5* — верхняя распределительная горелка; *6* — дырчатые противни; *7* — подвод греющего пара; *8* — воздушный кран; *9* — поступление деаэрированной воды к питательным насосам; *10* — дренаж; *11* — водоуказательное стекло; *12* — термометр; *13*—водяной затвор; *14* — вестовая труба водяного затвора; *15* — труба для заливания водой водяного затвора

Наилучшим способом деаэрации является термический, осуществляемый в специальных аппаратах-деаэраторах (рис. 58).

Наряду с термической деаэрацией получил довольно широкое распространение десорбционный способ обескислороживания воды (рис. 59).

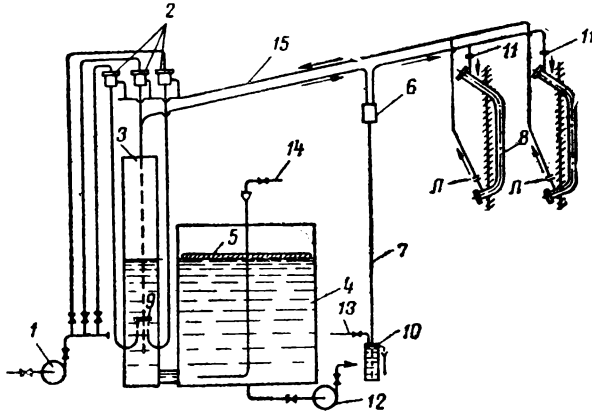


Рис. 59. Схема установки для десорбционного обескислороживания воды

1 — насос для питательной воды; *2* — эжектор; *3* — десорбер; *4* — бак обескислороженной воды; *5* — деревянный поплавок; *6* — ловушка; *7* — гидрозатвор; *8* — реактор; *9* — отбойный щиток; *10* — бачок для гидрозатвора; *11* — заглушка; *12* — насос обескислороженной воды; *13* — подвод воды к гидрозатвору; *14* — подвод котловой воды; *15* — газопровод

Возможно применение и других способов освобождения питательной воды от кислорода при помощи сульфитирования (обработка воды сульфитом натрия) и пропускания воды через сталестружечные фильтры.

4. ВНУТРИКОТЛОВАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ

Внутрикотловую обработку воды осуществляют путем ввода в котлы щелочных осадительных реагентов или путем подачи в котлы частично умягченной воды.

В результате реакции карбонатных накипеобразователей с едким натрием образуется сода, которая в котле вследствие гидролиза снова превращается в едкий натрий. Таким образом, для осаждения карбонатных накипеобразователей в конечном счете расход щелочных реагентов не требуется.

1) Расчет присадки щелочных реагентов

Количество щелочей, вводимых в питательную воду перед пуском котла в работу, определяется по формуле

$$g = \frac{R\,(Л + H_{нк})V}{1\,000}\ кг,$$

где R — эквивалент щелочи в *г/г-экв*;
A — общая щелочность котловой воды в *мг-экв/л*;
$H_{нк}$ — некарбонатная жесткость питательной воды в *мг-экв/л*;
V — водяной объем котла в $м^3$.

Количество щелочи, подаваемой в котел во время его эксплуатации для пополнения расхода осадительных веществ, определяется по формуле

$$g = \frac{D\,[H_{нк} + p\,(A + H_{нк}) + a]\,R}{1\,000}\ кг/час,$$

где D — средняя часовая производительность котла в *т/час*;
a — общая щелочность пара в *мг-экв*;
p — степень продувки котла в долях единицы, равная отношению среднего количества продувочной воды к паропроизводительности котла D; $p=q:D$.

Когда уносом щелочей с паром и продувочной водой можно пренебречь, расчет количества вводимой щелочи определяется по упрощенной формуле:

$$g = \frac{DH_{нк}R}{1\,000}\ кг/час.$$

2) Частичное натрийкатионитовое умягчение воды

Вместо непосредственной подачи щелочных реагентов в котлы применяют ввод щелочи путем частичного натрийкатионирования. При этом умягчают только часть исходной воды, а остальная вода подается жесткой; накипеобразователи сырой воды осаждаются в котле в шлам действием щелочей умягченной воды.

Отношение количества воды n, пропускаемой через натрийкатионитовый фильтр, ко всему количеству питательной воды определяется по формуле

$$n = \frac{H_{нк} + A_{п}\,(1 - p) + pA_{к\text{-}в}}{H_0},$$

где H_0 — общая жесткость питательной воды;
$A_{п}$ — щелочность пара;
$A_{к.в}$ — щелочность котловой воды.

Частичное катионирование следует применять для воды, не требующей предварительного осветления, и в тех случаях, когда количество умягчаемой катионитом воды не превышает 50% от общего количества добавочной питательной воды.

Частичное натрийкатионирование позволяет заменить щелочные реагенты для внутрикотловой обработки поваренной солью.

3) Ввод осадительных реагентов в котлы

Реагенты вводятся или из центрального бачка-дозатора в питательный бак, или в каждый котел при помощи отдельных дозаторов у каждого котла, а также насосами-дозаторами малой производительности.

При центральной дозировке реагентов имеется опасность зашламления питательных насосов, трубопроводов и водяного экономайзера; труд-

но также поддерживать одинаковые нормы щелочности котловой воды при одновременной работе нескольких котлов. Индивидуальная подача реагентов в котлы этих недостатков не имеет.

4) Удаление шлама

Для предотвращения загрязнения поверхностей нагрева отложениями шлама, а также для предотвращения уноса шлама паром (что ухудшает качество насыщенного пара) котлы оборудуют устройствами для удаления шлама.

Количество шлама, образующегося при внутрикотловой обработке воды, в пересчете на сухое вещество в виде $CaCO_3$ и $Mg(OH)_2$ определяют по формуле

$$S = D\,(50{,}05H_{Ca} + 29{,}19H_{Mg})\,(1 + p),$$

где D — средняя нагрузка котлов в *т/час*;

H_{Ca} и H_{Mg} — кальциевая и магниевая жесткости питательной воды в *мг-экв/л*;

p — величина продувки котла в долях от средней нагрузки котла.

Величина шламовой продувки котла определяется по формуле

$$p = \frac{S_{п.в}}{S_{к.в} - S_{п.в}},$$

где $S_{п.в}$ — условное расчетное шламосодержание питательной воды в *мг/л*; $S_{п.в} = 50{,}05\,H_{Ca} + 29{,}19\,H_{Mg}$;

$S_{к.в}$ — максимально допускаемое для данного котла расчетное шламосодержание котловой воды в месте забора ее устройством для шламовой продувки, определяемое по формуле

$$S_{к.в} = (30 \div 40)\,V\ мг/л,$$

где V — среднее значение удельного водяного объема данного котла в *л* на 1 $м^2$ поверхности нагрева.

Количество воды для непрерывной шламовой продувки обозначается D_p *т/час*, а для периодической — $D_p t$ *т/час*,

где t — промежуток времени в час. между очередными периодическими продувками.

Для периодической шламовой продувки используют имеющиеся устройства нижнего продувания котла.

В устройствах непрерывной шламовой продувки применяют регенеративную шламовую продувку (рис. 60) и непрерывную шламовую продувку со сбросом продувочной воды в дренаж после использования ее тепла в поверхностном теплообменнике или змеевике (рис. 61).

Возможность применения устройств непрерывной шламовой продувки не зависит от рабочего давления пара и удельного напряжения водяного пространства котлов по шламу. Регенеративную шламовую продувку применяют для питательной воды с солесодержанием менее 1 000 *мг/л*, а устройство непрерывной шламовой продувки со сбросом продувочной воды в дренаж — для питательной воды с солесодержанием более 1 000 *мг/л*.

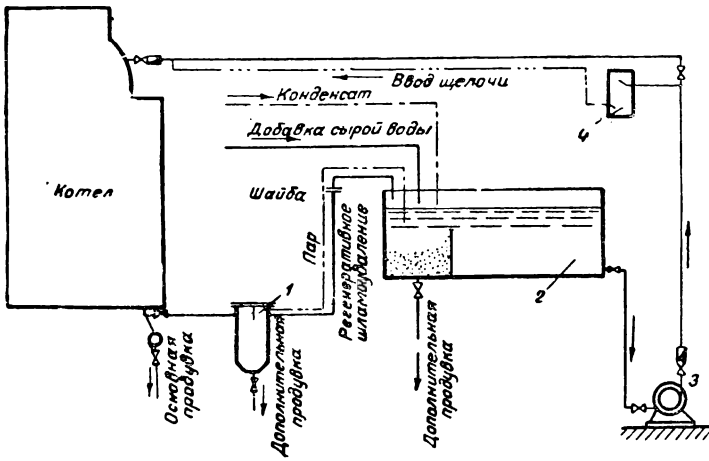


Рис. 60. Схема регенеративного шламоудаления
1 — шламоотделитель; *2* — питательный бак; *3* — питательный насос; *4* — дозатор щелочи

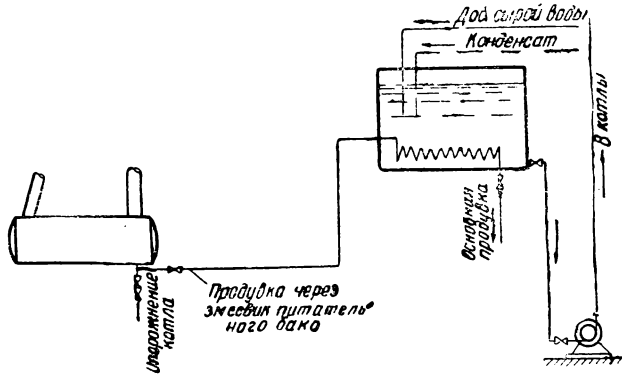


Рис. 61. Схема непрерывной шламовой продувки с использованием тепла

Если принятая схема шламовой продувки не дает возможности поддержать достаточно низкое солесодержание котловой воды, то оно обеспечивается дополнительной продувкой котлов для снижения солесодержания.

Возможность применения термосифонных контуров ограничивается котлами, работающими с давлением не выше 12 *ати* и удельным напряжением по накипеобразователям не более 1 *г-экв* на 1 $м^3/час$.

5) Термохимическое умягчение питательной воды в котлах

Для снижения накипеобразования и удлинения срока работы котлов служат специальные устройства для термической обработки питательной воды в котлах, предложенные проф. В. А. Голубцовым и доц. Г. А. Бурковым (рис. 62).

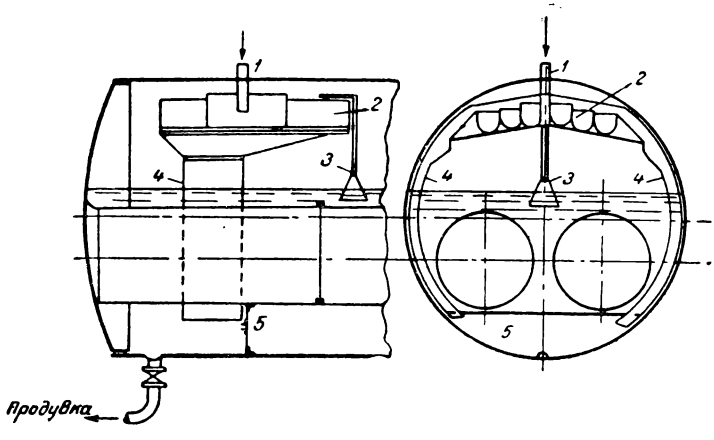


Рис. 62. Внутрикотловой термический водоумягчитель

1 — поступление сырой воды; *2* — каскадный реактор; *3* — устройство для подачи котловой воды в реактор; *4* — направляющие карманы; *5* — разделительная перегородка

При термической обработке накипь получается более рыхлой и легче поддается удалению из котлов.

Дополнение термической обработки щелочным режимом приводит к дальнейшему сокращению накипеобразования в котлах.

Наиболее эффективна термическая обработка воды с большой карбонатной жесткостью.

Указанные устройства наряду со снижением накипеобразования позволяют снизить содержание шлама в котловой воде и тем самым уменьшить унос котловой воды с паром, а также обеспечить удаление газов, т. е. свести до минимума коррозию металла котла.

Термическая обработка может осуществляться в таких котлах, конструкция которых позволяет выделить отсек достаточных размеров для

осаждения шлама из обрабатываемой воды. Термическая обработка считается допустимой для котлов, работающих с давлением до 15 *ати*. Этот способ получил распространение в жаротрубных котлах.

Термическая обработка воды внутри котлов не предохраняет от отложения карбонатных накипей в экономайзерах этих котлов и не исключает возможности коррозии металла пароиспользующих аппаратов за счет кислорода и углекислоты, уходящих из котла с паром.

5. НЕПРЕРЫВНАЯ ПРОДУВКА КОТЛОВ

Регулирование количества продуваемой воды позволяет поддерживать солесодержание, шламосодержание и щелочность котловой воды на уровне, обеспечивающем надлежащую чистоту пара и чистоту поверхностей нагрева (рис. 63).

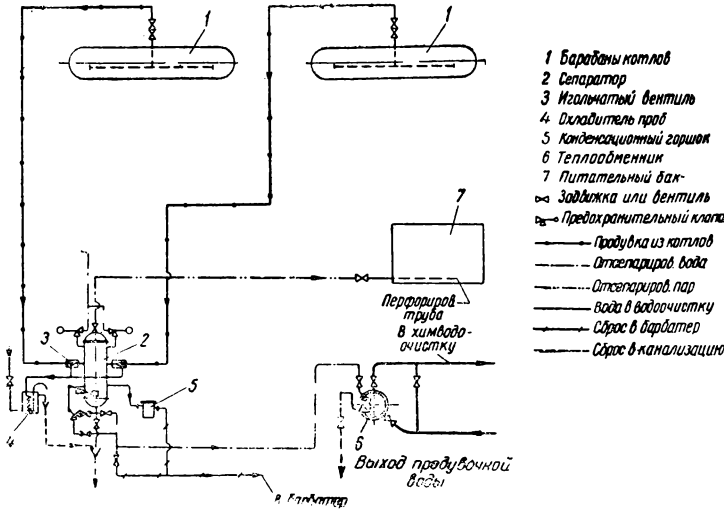


Рис. 63. Схема непрерывной продувки котла с использованием тепла продувочной воды

Если количество продувочной воды велико, применяется непрерывная продувка. Забор котловой воды для непрерывной продувки производится из зон максимальной концентрации.

Непрерывная продувка котлов сочетается с периодической продувкой нижних коллекторов и грязевиков для удаления оседающего там шлама.

Величина продувочной воды определяется по формуле

$$D_{\text{пр}} = \frac{D_{\text{к}} K_{\text{к}} + D_{\text{д}} K_{\text{д}}}{K_{\text{к.в}} - K_{\text{д}}},$$

где $D_{\text{пр}}$ — количество продуваемой воды в $м^3/час$;
$D_{\text{к}}$ — » возвращаемого конденсата в $м^3/час$;

$D_д$ — количество добавляемой очищенной воды в *м³/час;*
$K_к$ — характеристика (щелочность или сухой остаток) конденсата соответственно в *г-экв/м³*, или *г/м³*;
$K_д$ — характеристика добавляемой очищенной воды в *г-экв/м³*, или *г/м³*;
$K_{к.в}$ — характеристика установленной концентрации в котловой воде в *г-экв/м³*, или *г/м³*;
$D_п$ — паропроизводительность котла в *т/час*

$$D_к + D_д = D_п.$$

При питании котла исключительно химически очищенной водой эта формула принимает вид

$$D_{пр} = \frac{D_п K_д}{K_{к.в} - K_д}.$$

С учетом уноса солей с паром и использования отсепарированного в сепараторе (расширителе) пара величина продувочной воды определяется по формуле

$$D_{пр} = \frac{D_к K_к + Д_д K_д - D_п K_п}{K_{к.в} + K_д + \beta(K_д - K_п)},$$

где $K_п$ — характеристика пара (щелочность или сухой остаток);
β — количество отсепарированного пара в долях от количества продуваемой воды.

Непрерывно отводимую из котла продувочную воду по трубопроводу направляют в сепаратор (расширитель). Для регулирования количества продувочной воды применяют дроссельно-регулировочные игольчатые вентили специальной конструкции или дроссельные шайбы, устанавливаемые непосредственно у сепаратора.

Регулирование продувки в условиях эксплуатации производится на основании данных химических анализов отобранных проб котловой воды и пара, для чего котлы оборудуют специальной отборочной аппаратурой с холодильниками.

1) Сепараторы (расширители)

Сепараторы выбирают по объему, принимая ориентировочно расчетное напряжение парового пространства сепаратора в пределах 500—1 000 *м³/час* на 1 *м³* объема сепаратора.

Количество отсепарированного пара, получающегося в сепараторе, определяется по формуле

$$D = \frac{D_{пр}(q - q_1)}{(\lambda - q_1)x} \text{ кг/час},$$

где $D_{пр}$ — количество продувочной воды в *кг/час*;
q — теплосодержание продувочной воды при нормальном давлении в котле в *ккал/кг;*
q_1 — теплосодержание отсепарированной воды при заданном в сепараторе давлении в *ккал/кг*;
λ — теплосодержание отсепарированного пара в *ккал/кг*;
x — коэффициент, характеризующий сухость пара, равный $\sim 0{,}97$.

Количество отсепарированной воды равно:

$$D_с = D_{пр} - D \text{ кг/час}.$$

При отсутствии специальных продувочных игольчатых вентилей и установке для непрерывной продувки дроссельных шайб последние рассчитываются по формуле

$$Q = 3\,600 f \mu \sqrt{2gh},$$

где Q — количество продувочной воды в $м^3/час$;
μ — коэффициент расхода, принимаемый равным 0,62;
f — площадь отверстия в шайбе в $м^2$;
h — напор, равный разности давления в котле и расширителе, в $м$ вод. ст.;
g — ускорение силы тяжести, равное 9,81.

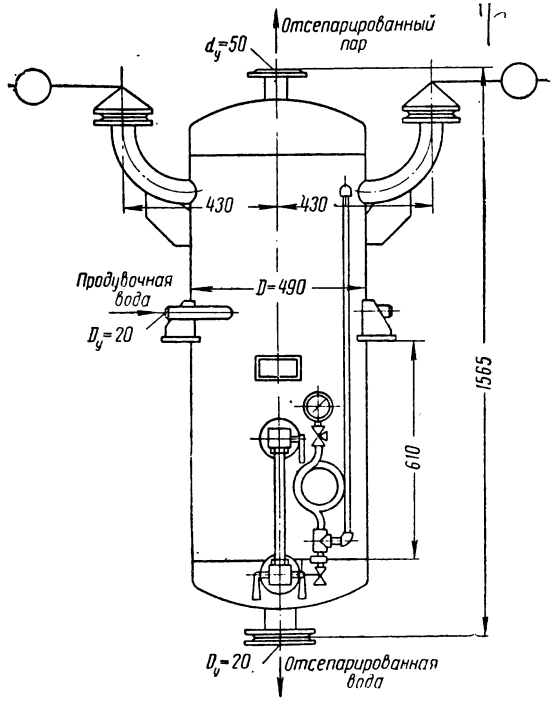


Рис. 64. Расширитель непрерывной продувки объемом 0,2 $м^3$

К каждому продувочному трубопроводу изготовляют обычно три комплекта шайб на пропускную способность при максимальной, средней и минимальной нагрузках котла. Дроссельная шайба обычно дополняется устанавливаемым перед ней (со стороны котла) обыкновенным стальным запорным вентилем.

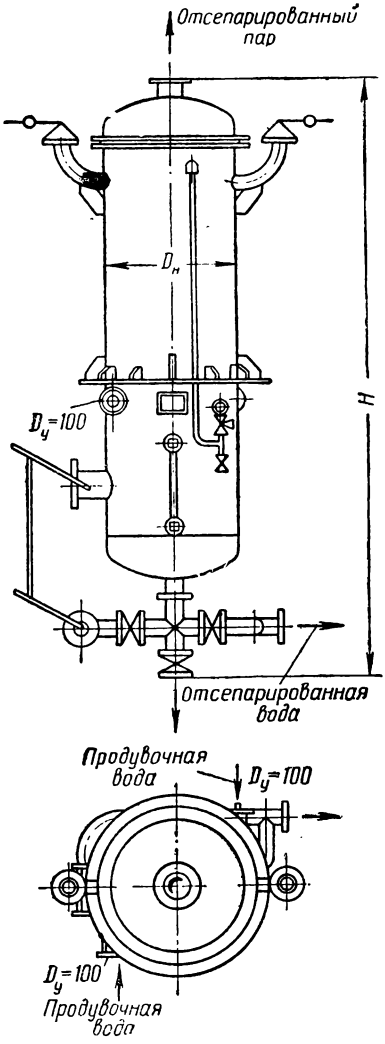


Рис. 65. Расширитель непрерывной продувки объемом 0,7 и 1,5 $м^3$

Таблица 6

Характеристика вертикальных сепараторов (расширителей) непрерывной продувки котлов (рис. 64 и 65)

Наименование	Единица измерения	Полный объем сепаратора в $м^3$		
		0,2	0,7	1,5
Объем для пара	$м^3$	0,16	0,58	1,25
Диаметр (наружный)	*мм*	478	630	820
Общая высота	"	1 603	2 860	3 674
Рабочее давление	$кг/см^2$	7	7	7
Вес конструкции без арматуры	*кг*	210	655	1 186

2) Теплообменники

Устанавливаемые для охлаждения отсепарированной продувочной воды теплообменники рассчитываются по обычным формулам теплообменных аппаратов.

Таблица 6

Теплообменники водоводяные (рис. 66)

Обозначения	Единица измерения	Производительность теплообменников в *т/час*				
		5—10	20—40	80—150	240	400
$D_н$	*мм*	273	273	426	426	630
H	"	750	750	930	950	1 145
C	"	1 520	2 120	1 940	2 490	2 270
C_1	"	1 040	1 640	1 330	1 832	1 314
Диаметр d_1 входного патрубка (условный)	"	80	80	150	200	200
Диаметр d_2 выходного патрубка	"	90	80	150	200	200
Диаметр входного патрубка d_3 греющей воды (условный)	"	50	50	80	100	150
Диаметр патрубка d_4 выходящей греющей воды d_4 (условный)	"	50	50	80	100	150
Количество ходов воды	—	4	4	4	2	4
Трубы $d_н/d_{вн}$	*мм*	16/14	16/14	16/14	16/14	16/14
Длина труб	"	1 100	1 700	1 400	1 900	1 400
Количество труб	шт.	64	64	216	238	404
Поверхность нагрева	$м^2$	3,1	4,9	13,5	20,4	25
Вес металла	*кг*	260	330	584	693	1 213

Рабочее давление в корпусе 7 $кг/см^2$, в трубной системе — 0,2 $кг/см^2$. Прочность конструкции допускает рабочее давление в трубной системе до 7 $кг/см^2$.

У подогревателей производительностью 5—10 и 20—40 *т/час* передняя крышка плоская.

V. ТЕПЛОВОЙ КОНТРОЛЬ В КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

1. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЯ

Для котельных с котлами малой производительности независимо от типов котлов может быть указана единая система контроля.

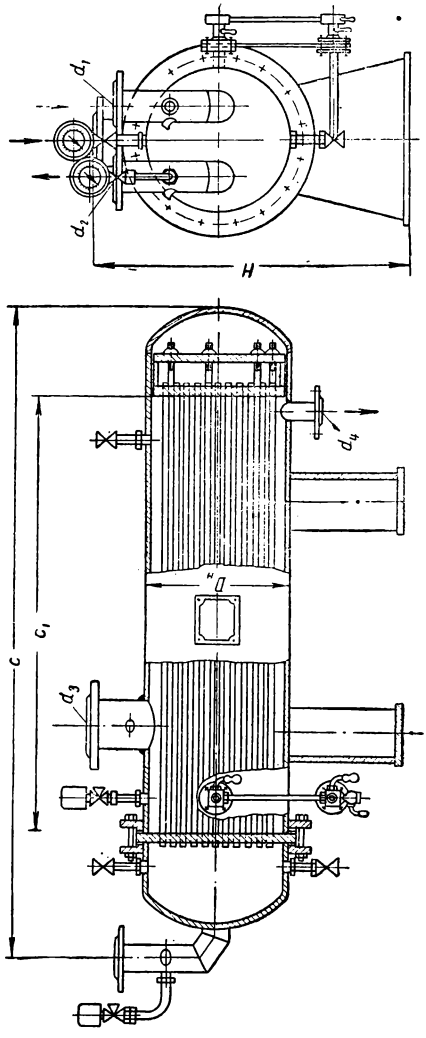


Рис. 66. Теплообменник водоводяной

Таблица 65

Установка приборов в котельных с котлами малой производительности[1]

Измеряемый параметр	Рекомендуемый прибор	Место установки прибора
Температура питательной воды	Показывающий Самопишущий	По месту измерения Щит управления
Давление питательной воды	Показывающий и самопишущий	То же
Количество питательной воды	То же	»
Температура питательной воды после водяного экономайзера	Показывающий	По месту измерения
Давление пара в барабане котла	»	По месту измерения и щит управления
Уровень воды в барабане котла	Показывающий и самопишущий	То же
Количество пара	Показывающий и самопишущий или суммирующий	Щит управления
Количество жидкого или газообразного топлива	Суммирующий	По месту измерения
Давление жидкого или газообразного топлива	Показывающий	Щит управления
Разрежение дымовых газов в верхней части топки	»	То же
То же, по газоходам котла	»	По месту измерения
Температура дымовых газов за котлом	»	То же
Разрежение дымовых газов перед дымососом	»	Щит управления
Температура уходящих дымовых газов	Самопишущий	То же
Содержание CO_2 или $CO+H_2$ в дымовых газах за котлом	»	»
Температура воздуха в котельной	Показывающий	По месту измерения
Давление воздуха после дутьевого вентилятора	»	То же
То же, после воздухоподогревателя	»	»
Давление воздуха перед каждой зоной дутья или перед каждой горелкой	»	»
Давление газообразного топлива перед каждой горелкой	»	»

[1] Перечень приборов дан применительно к котельным установкам насыщенного пара (и без деаэраторов).

Продолжение табл. 65

Измеряемый параметр	Рекомендуемый прибор	Место установки прибора
Количество пара к потребителям	Показывающий и самопишущий или суммирующий	По месту измерения или щит управления
Давление пара после редукционных установок	Показывающий и самопишущий	То же
То же, к паровым питательным насосам	Показывающий	По месту установки
Давление воды на напоре питательных и сетевых насосов	»	То же
То же, перед питательными насосами	»	»
Количество конденсата, возвращаемого в котельную	Самопишущий	По месту измерения
Температура конденсата, возвращаемого в котельную	»	То же
Температура прямой сетевой воды	»	По месту измерения или щит управления
Давление прямой сетевой воды	»	То же
Количество прямой сетевой воды	»	»
Температура обратной сетевой воды	»	»
Давление обратной сетевой воды	»	»
Температура подпиточной воды	Показывающий	По месту измерения
Давление подпиточной воды	»	То же
Количество подпиточной воды	Самопишущий или суммирующий	»
Температура воды в баках	Показывающий	»
Температура воды на химводоочистку	»	»
Давление воды на химводоочистку	»	»
Количество воды на химводоочистку	Суммирующий	
Давление воды после механических фильтров	Показывающий	»
Количество воды к катионитовому фильтру	Суммирующий	
Количество воды на взрыхление фильтров	Показывающий	

Примечания. 1. Для котельных с котлами производительностью до 2,5 *т/час* вместо измерения количеств пара к котлу устанавливаются приборы, измеряющие суммарные количества пара и суммарные количества питательной воды.

2. Помимо измерительных приборов, котлоагрегаты должны быть снабжены устройствами для сигнализации предельно допустимых положений уровня в барабане котла.

В зависимости от степени автоматизации процессов котельной организацией контроля предусматривается установка приборов или щитов с приборами таким образом, чтобы кочегар, обслуживающий один или несколько установок, имел в зоне наблюдения приборы всех обслуживаемых им агрегатов.

По характеру измеряемых величин в котельных установках применяются следующие приборы теплотехнического контроля:

а) приборы измерения и записи температур;

б) » » » » давлений;

в) приборы измерения, записи и суммирования расходов воды и пара;

г) приборы измерения и записи уровней;

д) приборы химического анализа пара и дымовых газов.

В зависимости от степени важности параметра при обслуживании котельной установки измерительный прибор устанавливается либо в зоне наблюдения кочегара (у места обслуживания котла), либо по месту измерения.

Для котельных агрегатов производительностью до 10 *т/час* пара рекомендуется установка приборов, указанных в табл. 65.

2. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

1) Ртутные термометры

Простейшими приборами для измерения температуры в пределах от 0 до 500° являются ртутные стеклянные термометры.

Термометры ртутные технические (по ГОСТ 2823-59) выпускаются с пределами показаний шкалы от 0° до 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 и 500°, а также от —35° до +50°.

По форме исполнения термометры выпускаются с прямой нижней частью и изогнутой под углом 90 и 135°.

Длина нижней части может быть от 60 до 2 000 *мм*.

Нижняя часть термометров с верхними пределами шкалы 410—500° изготовляется длиной 130—430 *мм*.

Нижняя часть термометров длиной 1 500 и 2 000 *мм* изготовляется только прямой для пределов показания 0—100°, 0—150°, 0—250°, 0—350°.

Ртутные технические термометры целесообразно эксплуатировать в металлических оправах.

Термометры выпускаются Клинским термометровым заводом Московского областного совнархоза.

2) Манометрические термометры

Манометрические термометры газонаполненные применяются в котельных для измерения и записи температур, не превышающих 300°.

Принцип действия термометра основан на зависимости между температурой и давлением азота, заполняющего измерительную систему прибора. Эта система состоит из термобаллона, помещаемого в измеряемую среду, капилляра и многовитковой трубчатой пружины.

При нагревании термобаллона давление в системе возрастает, что приводит к раскручиванию пружины, связанной при помощи передающей пружины со стрелкой показывающего прибора или пером самопишущего прибора.

Запись у самопишущих приборов производится на дисковой диаграмме. Перемещение диаграммы производится при помощи часового механизма с 6-суточным заводом или с помощью электрического синхронного двигателя.

Верхние пределы показаний манометрических термометров типа ТГ-120, 160, 200 и 300°.

Напряжение питания электродвигателя 110 и 127 *в* при частоте 50 *гц*; потребляемая мощность 13 *вт*.

При измерении термобаллон должен быть погружен в измеряемую среду минимум на 280 *мм*, максимум на 555 *мм*.

Изготовитель манометрических термометров типа ТГ—казанский завод «Теплоконтроль» Татарского совнархоза.

Таблица 66

Модификации манометрических термометров ТГ, применяемых в котельных

Вид прибора	Обозначение
Самопишущий с приводом диаграммы от часового механизма на одну точку измерения	ТГ-410
То же, на две точки измерения	ТГ-420
Самопишущий с приводом диаграммы от электропривода на одну точку измерения	ТГ-610
То же, на две точки измерения	ТГ-620

Примечание. Приборы на две точки измерения изготовляются по специальному заказу. Приборы выпускаются с капиллярами длиной 10, 25 и 40 *м*.

Помимо указанных приборов типа ТГ, выпускаются также термометры манометрические электроконтактные типа ЭКТ. Совместно с усиливающими реле они могут быть использованы для автоматического двухпозиционного регулирования температуры жидкостей и газов.

Допустимая нагрузка контактов 10 *вт* при напряжении постоянного тока до 220 *в* или переменного тока до 380 *в*.

Длина соединительного капилляра 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 6; 8 и 10 *м*.

Изготовитель — завод «Манометр» Московского городского совнархоза.

Таблица 67

Термометры манометрические электроконтактные с двухпозиционным контактным устройством (рис. 67)

Заводское обозначение		Диаметр корпуса в *мм*	Размеры термопатрона в *мм*		Пределы показаний в град.	
тип	модель		диаметр	длина	нижний	верхний
ЭКТ	7 601	150	15	65	— 60 — 20 0 + 50 +100	0 + 40 +100 +200 +250
ЭКТ	7 602	150	22	320	0	+400

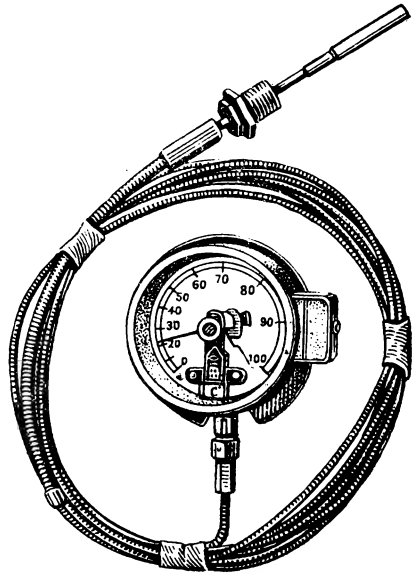


Рис. 67. Термометр манометрический электроконтактный ЭКТ

3) Термометры сопротивления электрические

Принцип измерения температур с помощью термометров сопротивления основан на изменении электрического сопротивления металлической проволоки в зависимости от ее температуры.

Измерительная схема состоит из собственно термометра сопротивления и вторичного прибора с источником напряжения.

Для измерения температур от —200 до +500° применяются платиновые термометры сопротивления. Для измерения температур от —50 до +100° применяются медные термометры сопротивления.

Конструктивно термометры сопротивления представляют собой чувствительные элементы, заключенные в металлические чехлы, имеющие на своем конце головку с выводами. Чув твительный элемент состоит из изоляционной детали с намотанной на ней платиновой или медной проволокой.

При измерении термометры сопротивления должны быть погружены в измеряемую среду не менее чем на 150 *мм*.

В зависимости от величины и материала сопротивления термометры сопротивления имеют различные стандартные градуировки.

Платиновые термометры сопротивления не рекомендуется устанавливать для работы в условиях вибрации.

По конструктивным признакам термометры сопротивления подразделяются на термометры с неподвижным или подвижным штуцером. Последние могут устанавливаться на различную глубину погружения.

Таблица 68

Платиновые термометры сопротивления (рис. 68)

Тип термометра	Пределы измерения в град.		Условное давление измеряемой среды в *кГ/см²*	Вид штуцера	Материал защитного чехла	Длина в *мм*	Количество чувствительных элементов
	наименьший	наибольший					
ЭТП-I	0	+500	40	Неподвижный	Сталь	350—1 500	1
ЭТП-VIII	0	+500	40	»	»	350—1 500	2
ЭТП-IX	0	+500	3	Подвижный	»	500—2 000	2
ЭТП-XXI	0	+500	250	Неподвижный	»	350— 500	1
ЭТП-XXII	0	+500	250	»	»	350— 500	2

Термометры сопротивления выпускаются заводом приборов Львовского совнархоза.

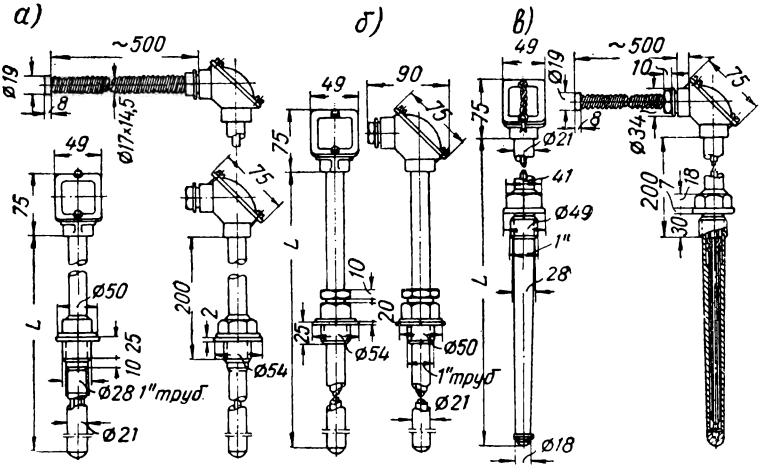


Рис. 68. Термометры сопротивления платиновые и термопары
а — ЭТП-I; ЭТП-VIII; ТХА-VIII; и ТХК-VIII; *б* — ЭТП-IX; *в* — ЭТП-XXI и ЭТП-XXII

В качестве вторичных приборов, работающих с термометрами сопротивления, могут применяться логометры и электронные мосты.

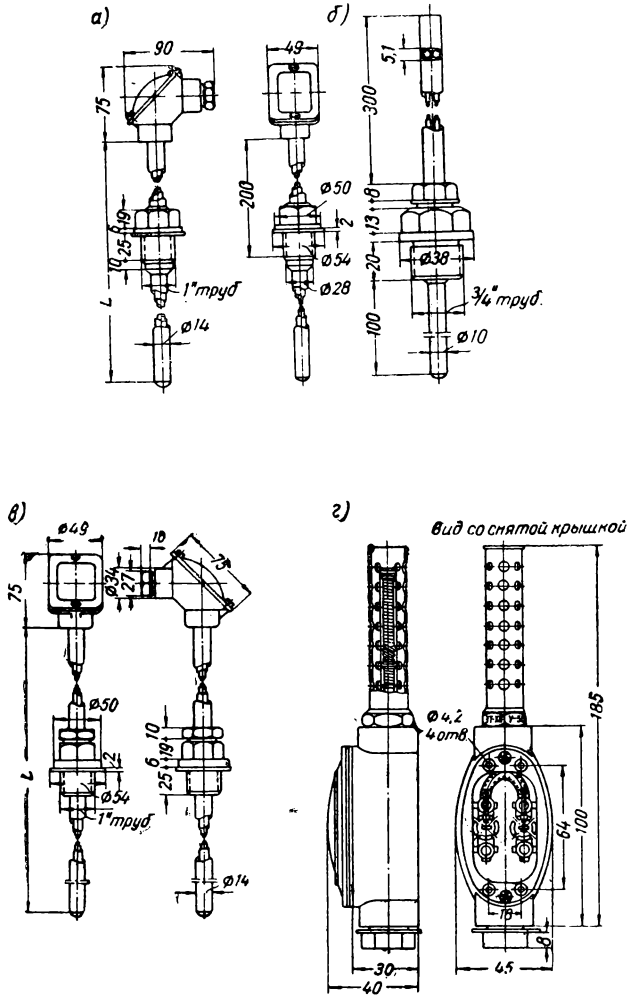


Рис. 69. Термометры сопротивления медные
а — ЭТМ-X; *б* — ЭТМ-XI; *в* — ЭТМ-XIV; *г* — ЭТМ-XII

Таблица 69

Медные термометры сопротивления (рис. 69)

Тип термометра	Пределы измерения в град.		Условное давление измеряемой среды в *кГ/см²*	Вид штуцера	Материал защитного чехла	Длина в *мм*	Количество чувствительных элементов
	наименьший	наибольший					
ЭТМ-X	—50	+100	40	Неподвижный	Сталь	350—1 500	1
ЭТМ-XI	—50	+100	40	»	Латунь	145— 395	1
ЭТМ-XII	—50	+100	Атмосферное	Без штуцера	»	—	1
ЭТМ-XIV	—50	+100	3	Подвижный	Сталь	500—2 000	1

4) Термопары

Принцип действия термопары основан на свойстве разнородных металлов развивать термоэлектродвижущую силу при наличии разности температур между горячим и холодным спаем металлов.

Горячим называется рабочий спай термопары, погружаемый в измеряемую среду; холодным или свободным концом термопары называется спай, подключаемый к измерительному прибору.

Выпускаемые промышленностью термопары разделяют по материалам чувствительного элемента на платинородий-платиновые (ПП), хромель-алюмелевые (ХА) и хромель-копелевые (ХК).

Платинородий-платиновые термопары предназначены для измерения температур до 1300°, хромель-алюмелевые — до 1100° и хромель-копелевые до 600°.

Термоэлектродвижущая сила, развиваемая термопарами при разных температурах, должна соответствовать стандартным градуировкам.

Таблица 70

Термопары платинородий-платиновые

Тип термопары	Максимальная температура длительного применения в град.	Рабочее давление измеряемой среды в *кГ/см²*	Вид штуцера	Материал защитного чехла	Длина в *мм*
ТПП-II	1 300	Близкое к атмосферному	Без штуцера	Фарфор	475—1 975

Таблица 71

Термопары хромель-алюмелевые

Тип термопары	Максимальная температура длительного применения в град.	Рабочее давление измеряемой среды в *кГ/см²*	Вид штуцера	Материал защитного чехла	Длина в *мм*
ТХА-VIII	800; 1 000	—	Неподвижный	Сталь	350—1 500
ТХА-XIII	800; 1 000	До 3	Без штуцера	»	500—3 000
ТХА-V-XV	600	100	Неподвижный	»	300— 500

Таблица 72

Термопары хромель-копелевые

Тип термопары	Максимальная температура длительного применения в град.	Рабочее давление измеряемой среды в $кГ/см^2$	Вид штуцера	Материал защитного чехла	Длина в *мм*
ТХК-VIII	600	10	Неподвижный	Сталь	350—1 500
ТХК-XIII	600	Близкое к атмосферному	Без штуцера	„	500—3 000
ТХК-V-XV	600	100	Неподвижный	„	300—500]

В качестве вторичных приборов, работающих с термопарами, могут применяться милливольтметры или потенциометры.

5) Логометры

Принцип действия логометра основан на взаимодействии магнитного поля постоянного магнита и магнитных полей, образованных токами, протекающими в двух рамках подвижной системы.

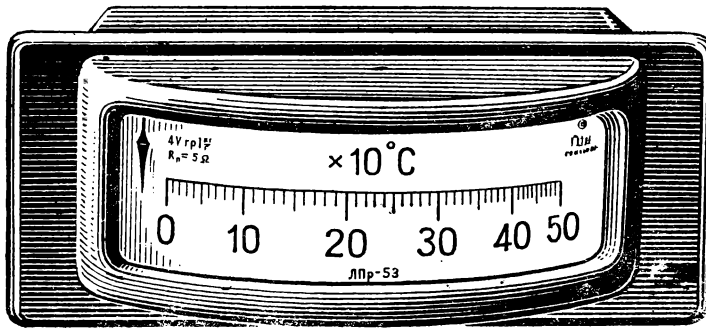


Рис. 70. Логометр показывающий ЛПр-53

Рамки поворачиваются в магнитном поле постоянного магнита.

Взаимодействие магнитного поля постоянного магнита с магнитным полем, образованным током, проходящим по рамкам, вызывает отклонение стрелки логометра на угол, зависящий только от величины сопротивления термометра, следовательно от измеряемой температуры.

Логометр показывающий типа ЛПр-53 (рис. 70) представляет собой профильный щитовой прибор, предназначенный для работы с термометрами сопротивления стандартных градуировок.

Питание логометров осуществляется от источника питания напряжением 4 *в* постоянного тока.

Логометры выпускаются для работы с внешним сопротивлением линии 5 или 15 *ом*.

Мощность, потребляемая логометром, составляет от 0,12 до 0,9 *вт*, в зависимости от пределов показаний.

Таблица 73

Пределы показаний логометров показывающих ЛПр-53

Термометр сопротивления	Пределы показаний в град.		Термометр сопротивления	Пределы показаний в град.		Термометр сопротивления	Пределы показаний в град.	
	от	до		от	до		от	до
Медный	—50	+ 50	Платиновый	—150	+150	Платиновый	0	100
	—50	+100		—100	+100		0	150
	0	+ 50		—100	+ 50		0	200
	0	+100		—100	0		0	300
Градуировка 2*а*	0	+150	Градуировка 11*а*	— 50	+100	Градуировка 11*а*	0	400
				— 50	+ 50		0	500
				0	+ 50		200	500

При заказе логометров следует оговаривать градуировку и пределы показаний. Логометры выпускаются Ереванским приборостроительным заводом совнархоза Армении.

6) Милливольтметры

Милливольтметр предназначен для измерения температуры в комплекте с термопарой.

Милливольтметр МПЩПр-54 представляет собой профильный прибор магнитоэлектрической системы.

Таблица 74

Основные технические данные милливольтметров МПЩПр-54 (рис. 71)

Наименование датчика	Обозначение градуировки	Пределы показаний в град.		Внешнее сопротивление в *ом*
		от	до	
Термопара платинородий-алатина	ПП	0	1 600	15
Термопара хромель-алюмель	ХА	0	600	5; 15
		0	800	5; 15; 25
		0	1 100	5; 15; 25
		0	1 300	0,6
Термопары хромель-копель	ХК	0	300	5; 15
		0	400	5; 15
		0	600	5; 15; 25

Выпускаются милливольтметры Ереванским приборостроительным заводом совнархоза Армении.

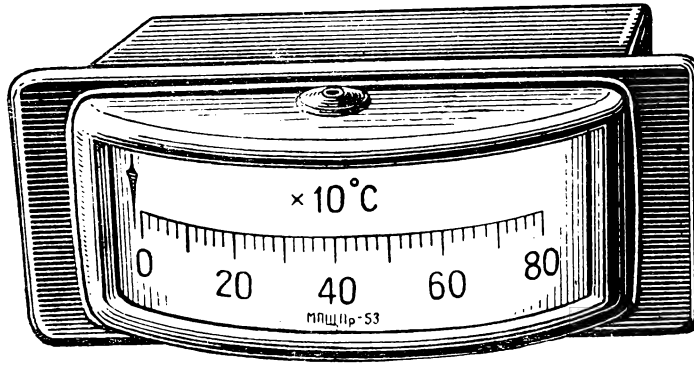


Рис. 71. Милливольтметр показывающий МПЩПр-54

7) Вспомогательное оборудование и материалы

а) Переключатель типа ПМТ для термопар и термометров сопротивления

Переключатель щеточный ПМТ применяется в схемах теплотехнического контроля для поочередного подключения термопар или термометров сопротивления.

Переключатели выпускаются на 4, 6, 8, 12 и 20 точек.

Переключатели, предназначенные для работы с термометрами сопротивления в нулевом положении, подключают к прибору вместо термометра сопротивления нулевую катушку. Сопротивление нулевой катушки для приборов, работающих с медными термометрами сопротивления, 58 *ом*, с платиновыми — 51 *ом*.

Габаритные размеры 110×110×215 *мм*.

Изготовитель — завод «Теплоконтроль» Львовского совнархоза.

б) Переключатель джековый типа ПД-6

Переключатель ПД-6 двухполюсный джековый слаботочный предназначен для включения цепей с напряжением до 24 *в* при токе до 1 *а*. Переключатель применяется в схемах с термопарами и термометрами сопротивления. К контактам переключателей присоединяются путем пайки провода с сечением до 2,5 *мм*^{2}. Рукоятка переключателя фиксируется в трех положениях — двух крайних и среднем.

Переходное электрическое сопротивление каждой пары контактов не превышает 0,01 *ом*.

Габаритные размеры 30×55×102 *мм*.

Переключатели выпускаются заводом «Теплоконтроль» Львовского совнархоза.

в) Коробка типа КТ-54 для автоматической компенсации температуры свободного конца термопары

Коробка КТ-54 предназначена для автоматической компенсации влияния изменения температуры свободного конца термопары на показания термоэлектрического прибора.

Коробка КТ-54 рассчитана для работы с термопарами стандартных градуировок ПП, ХА, ХК.

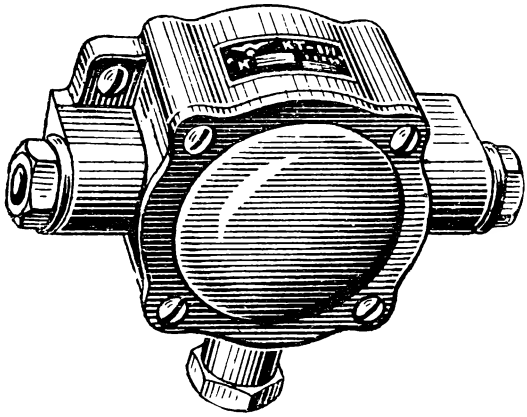


Рис. 72. Коробка КТ-54 для компенсации температуры свободного конца термопары

Мостовая схема коробки КТ-54 питается постоянным током напряжением 4 *в*.

Габаритные размеры 150×115×49 *мм*.

Внешний вид коробки КТ-54 представлен на рис. 72.

г) Источник сетевого питания типа ИСП-*2*

Источник сетевого питания ИСП-2 предназначен для питания измерительных цепей логометров и питания коробок КТ-54; он состоит из понижающего трансформатора и селенового выпрямителя.

Напряжение питающей сети 220 или 127 *в* переменного тока. Выпрямленное напряжение 4 *в*.

Источники питания ИСП-2 выпускаются с шунтами, рассчитанными на работу с одним логометром ЛПр-53.

Габаритные размеры 149×195×110 *мм*.

Изготовитель — Тарнопольский электроарматурный завод.

д) Провода компенсационные

Компенсационные провода развивают в соединении между собой при температурах свободного конца т.-э. д. с., равную и близкую к

т.-э. д. с. термопары, и служат для присоединения термопары к клеммам потенциометров или милливольтметров.

В котельных применяются компенсационные провода марки КПО, предназначенные для прокладки в сухих помещениях или в газовых трубах при температуре не выше 65°.

Сечение жил проводов КПО 2,5 *мм*². Наружные размеры проводов 6,2×11,7 *мм*.

Таблица 75

Характеристика компенсационных проводов

Материал термопары	Положительный провод		Отрицательный провод		Обозначение проводов	Т.-э. д. с. в паре в *мв*	Сопротивление 1 *м* провода при сечении 2,5 *мм*²
	материал	расцветка	материал	расцветка			
Хромель-копель	Хромель	Фиолетовая	Копель	Желтая	ХК	6,9 ±0,3	0,46
Хромель-алюмель	Медь	Красная	„	„	МК	4,76 ±0,15	0,2
Платинородий-платина	„	„	Сплав ТП	Зеленая	П	0,64 ±0,03	0,02

Примечание. Т.-э.д.с. показана при температуре рабочего конца 100° и свободного конца 0°.

3. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ И РАЗРЕЖЕНИЯ

1) Манометры стеклянные жидкостные двухтрубные типов ПР-619, ПР-620 и ПР-637

Манометры предназначены для измерения избыточного давления или разрежения газов.

В жидкостных стеклянных двухтрубных манометрах давление измеряемой среды определяется по разности высот жидкости в трубках манометра.

Трубка манометра заполняется жидкостью до нулевого положения.

Таблица 76

Основные технические данные двухтрубных стеклянных манометров (рис. 73)

Тип прибора	Пределы показаний в *мм* вод. ст.		Цена деления в *мм* вод. ст.	Габаритные размеры в *мм*	
	от	до		А	Б
ПР-619	0	100	1	190	60
ПР-620	0	300	1	390	60
ПР-637	0	600	1	690	60

Изготовитель — завод «Лаборприбор» Московского областного совнархоза.

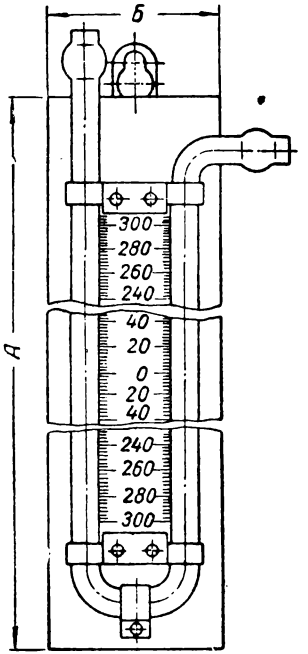


Рис. 73. Манометр двухтрубный

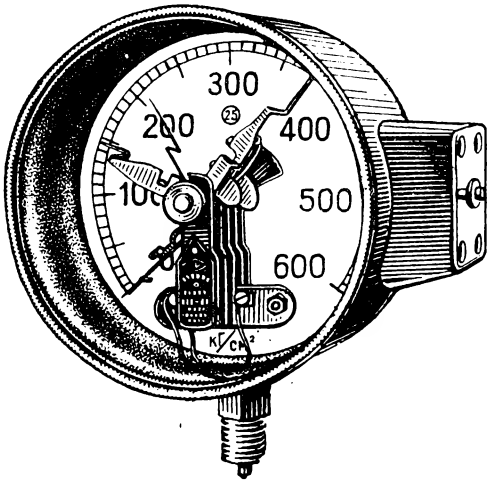


Рис. 74. Манометр электроконтактный ЭКМ

2) Манометры, мановакуумметры и вакуумметры с одновитковой трубчатой пружиной

Манометры технические с трубчатой пружиной, показывающие, общего назначения (М-100, М-150, М-200, М-250) выпускаются на номинальные давления 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25 и 40 *ати*. Диаметры корпуса приборов 100, 150 и 200 *мм*. Имеются модификации: «Без борта и контрольной стрелки», «Без борта с контрольной стрелкой», «С бортом и контрольной стрелкой».

Мановакуумметры МВ-100 выпускаются на номинальные давления от 0,6 до 6 *ати*, МВ-150 — от 10 до 25 *ати*; вакуумметры типов В-100 и В-150 — на номинальное давление от 760 *мм* рт. ст. до 0.

Манометры выпускаются манометровым заводом Томского совнархоза.

3) Мановакуумметры, манометры и вакуумметры электроконтактные типа ЭКМ

Приборы предназначаются для измерения избыточного давления или разрежения жидких и газообразных сред в установках, где необходима сигнализация о достижении заданных пределов рабочего давления или разрежения для целей контроля или позиционного регулирования. Манометры выпускаются на номинальные давления 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25, 40, 60 *атм*, мановакуумметры 760 *мм* рт. ст. — 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25 *атм*, вакуумметры 760 *мм* рт. ст. — 0.

Внешний вид манометра приведен на рис. 74.

В манометрах установлено двухпозиционное контактное устройство, рассчитанное на нагрузку мощностью 10 *ва* при максимальной силе тока 1 *а*. Допустимое напряжение питания контактного устройства — 220 *в* переменного тока.

Изготовитель — завод «Манометр» Московского городского совнархоза и манометровый завод Томского совнархоза.

4) Манометры типа МГ с многовитковой пружиной и МУЭ с электрической передачей

Манометр МГ представляет собой прибор пружинного типа, в котором измеряемое давление уравновешивается силой упругой деформации винтовой трубчатой пружины.

Изменение величины давления, поступающего в трубчатую пружину через штуцер прибора и капилляр, вызывает раскручивание пружины, которое передается при помощи рычагов и тяг на стрелку или перо прибора. Результаты измерения показывающих приборов отсчитываются по шкале, а в самопишущих приборах — записываются на движущейся дисковой диаграмме.

Одновременно результаты измерения передаются в приборе МГ-618 на сигнальное устройство.

Пределы измерения: 0—6, 0—10, 0—16, 0—25, 0—40, 0—60, 0—100 и 0—160 *кГ/см²*.

Питание электрических устройств (МГ-610, МГ-618) осуществляется переменным током напряжением 127 *в*, частотой 50 *гц*. Габаритные размеры 367×138 *мм*.

Таблица 77

Модификации приборов МГ

Модификации	С приводом от часового механизма	С приводом от синхронного двигателя	С сигнальным устройством
Показывающие	—	—	МГ-278
Самопишущие	МГ-410	МГ-610	МГ-618

Манометры типа МУЭ по своей конструкции аналогичны приборам типа МГ и снабжены дополнительно индукционным датчиком для передачи на вторичный прибор типов Э-280, Э-610, Э-278 и Э-618.

Приборы выпускаются казанским заводом «Теплоконтроль» Татарского совнархоза.

5) Напоромеры, тягомеры и тягонапоромеры мембранные типов ТМК, НМ-890, ТМ-890 и ТНМ-890

Мембранные напоромеры, тягомеры и тягонапоромеры служат для измерения малых давлений и разрежений сухих газов, имеющих температуру не выше 60°.

Приборы ТМК имеют концентрическую шкалу с центральным углом 270°, а приборы НМ-890, ТМ-890 и ТНМ-890 имеют профильную шкалу и максимальный угол поворота стрелки 72°.

Основная допустимая погрешность показаний приборов не превышает ±2,5% от области измерений.

Таблица 78

Пределы показаний приборов ТМК, НМ-890, ТМ-890 и ТНМ-890 в *мм* вод. ст.* (рис. 75)

Напоромеры НМ-890 и ТМК	Тягомеры ТМ-890 и ТМК	Тягонапоромеры ТНМ-890 и ТМК
—	—	0±20**
—	—	0±32**
0+40**	0—40**	0±50
0+63**	0—63**	0±80
0+100	0—100	0±125
0+160	0—160	0±200
0+250	0—250	0±320
0+400	0—400	0±500
0+630	0—630	—
0+1 000	0—1 000	—
0+1 600	0—1 600	—

* Приборы НМ-890, ТМ-890 и ТНМ-890 сняты с производства.
** Приборы ТМК таких шкал не имеют.

Изготовитель — завод «Манометр» Московского городского совнархоза.

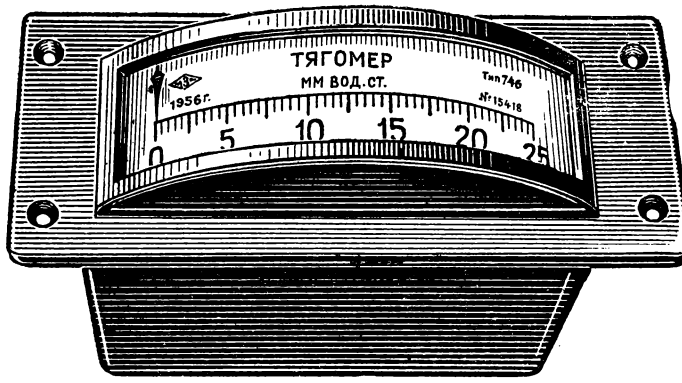


Рис. 75. Тягомер ТМ-890

6) Манометры, мановакуумметры и вакуумметры с гармониковой мембраной (сильфонные) типа МС

Приборы МС предназначены для измерения и записи давления и разрежения газов.

Верхние пределы показаний: манометров 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5 и 4 *кГ/см²*; мановакуумметров: по манометрической части 1 и 2,5 *кГ/см²*, по вакуумметрической части 760 *мм* рт. ст.; вакуумметров 760 *мм* рт. ст.

Таблица 79

Модификации приборов МС

Прибор	Показывающие		Самопишущие		
			с часовым механизмом без дополнительных устройств	с электрическим приводом	
	без дополнительных устройств	с трехпозиционным контактным устройством		без дополнительных устройств	с трехпозиционным контактным устройством
Манометр	МС-270	МС-278	МС-410	МС-610	МС-618
Мановакуумметр	—	—	МВС-410	МВС-610	—
Вакуумметр	—	—	ВС-410	ВС-610	—

Контактное устройство приборов допускает нагрузку 5 *а* при 127 *в* или 3 *а* при 220 *в* переменного тока.

Приборы с электрическим приводом диаграммы питаются переменным током 127 *в*. Потребляемая мощность 13 *вт*.

Приборы выпускаются в корпусе диаметром 367 *мм*.

Изготовитель — казанский завод «Теплоконтроль» Татарского совнархоза.

4. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА И РАСХОДА ЖИДКОСТЕЙ, ПАРОВ И ГАЗОВ

1) Водомеры

Водомеры применяются для измерения количества жидкости, протекающей по трубопроводу.

Водомеры выпускаются скоростные с горизонтальной вертушкой со струевыпрямителем типа ВВ и с вертикальной вертушкой с сетчатым фильтром одноструйным типа ВК и многоструйным типа ВКМ.

Таблица 80

Водомеры ВВ

Тип	Калибр в *мм*	Пределы измерения в *м³/час*		Допустимая нагрузка в *м³/час*		
		нижний	верхний	постоянная	при работе 10 час. в сутки	постоянная наибольшая в *м³/сутки*
Завода „Водоприбор" треста Мосводопровод						
ВВ-50	50	4	22	12	16	—
ВВ-80	80	8	80	45	55	—
ВВ-100	100	10	140	75	90	—
ВВ-150	150	15	380	160	200	—
Завода „Ленводоприбор"						
ВВ-50	50	3	35	—	—	210
ВВ-80	80	6	125	—	—	750
ВВ-100	100	8	220	—	—	1 320
ВВ-150	150	12	500	—	—	3 000
ВВ-20	200	18	850	—	—	5 100

Наибольшее допустимое давление воды 10 *кГ/см²*.

Наибольшая допустимая температура 30°.

2) Измерение расхода приборами переменного и постоянного перепада

Расходомеры переменного перепада измеряют с помощью дифманометра, перепад давления на сужающем устройстве, пропорциональный квадрату расхода вещества, проходящего через сужающее устройство.

Таблица 81

Водомеры ВК и ВКМ

Тип	Калибр в *мм*	Нижний предел измерения в *м³/час*	Допустимая нагрузка			
			кратковременная в *м³/час*	суточная в *м³*	максимальная при условии непревышения суточного расхода в *м³/час*	постоянная в *м³/час*
Завода „Водоприбор" треста Мосводопровод						
ВК-3	15	0,1	2	6	0,9	—
ВК-5	20	0,15	3,2	10	1,5	—
ВК-10	32	0,35	8	20	3	—
ВК-20	40	0,5	12,6	40	6	—
Завода „Ленводоприбор"						
ВКМ-3	15	0,1	2	—	—	1
ВКМ-5	20	0,15	3,2	—	—	1,6
ВКМ-10	32	0,35	8	—	—	4
ВКМ-20	40	0,5	12,6	—	—	6,3

Наибольшее допустимое давление воды 10 *кГ/см²*.

Наибольшая допустимая температура воды 30°.

Расходомеры постоянного перепада измеряют расход жидкости или газа, протекающих по конусообразной трубе, определяемый положением поплавка, изменяющего проходное сечение отверстия истечения при разных расходах.

Нормальные сужающие устройства. Для отбора перепада давления при измерении дифманометрами применяются нормальные диафрагмы, камерные и бескамерные, рассчитанные на условное давление до 64 *кГ/см²*.

Диафрагмы выпускаются в комплекте с дифманометрами.

Для паромеров и водомеров горячей воды (свыше 65°) камерные диафрагмы выпускаются с конденсационными сосудами.

Таблица 82

Диафрагмы нормальные

Наименование диафрагмы	Тип	Условные проходы трубопроводов в *мм*	Условное давление измеряемой среды в *кГ/см²*
Диафрагмы нормальные камерные	ДН-64	50; 70; 80; 100; 125; 150; 200; 250; 300; 350 и 400	16 и 64
Диафрагмы плоские бескамерные	ДП-6	400; 450; 500; 550; 600; 650; 700; 750; 800; 900 и 1 000	25 (при диаметрах до 800 *мм*) 16 (при диаметрах выше 800 *мм*)

3) Дифманометры поплавковые

Дифманометры поплавковые являются приборами жидкостного типа и служат для измерения расхода жидкостей и газов по методу переменной разности давления (в комплекте с сужающим устройством).

Разность давлений, поступающих в прибор через соединительные трубки, уравновешивается весом столба ртути (или масла для малых давлений) и измеряется его высотой. Изменение разности давлений вызывает перемещение стального поплавка, плавающего в ртути (или масле) в одном из сосудов дифманометра. Движение поплавка может быть передано на показывающую стрелку прибора, на перо самописца или на плунжер индукционной катушки.

Приборы могут быть также снабжены суммирующими счетчиками (интеграторами) и сигнальными устройствами.

Пределы измерения для дифманометров-расходомеров и постоянные интеграторов даны в табл. 83.

Таблица 83

Значения шкал и постоянных интеграторов дифманометров-расходомеров

Шкала	Постоянная интегратора	Шкала	Постоянная интегратора	Шкала	Постоянная интегратора
0—16	0,6	0—40	1,5	0—100	3,75
0—20	0,75	0—50	1,875	0—125	4,69
0—25	0,937	0—63	2,362		
0—32	1,2	0—80	3		

Таблица 84

Дифманометры поплавковые (рис. 76)

Наименование дифманометра	Тип прибора	Статическое давление (условное) в *кГ/см²*	Разность давлений (предельная) в *мм* рт. ст.
Показывающий	ДП-280	До 160	40; 63; 100; 160; 250; 400; 630; 1 000
Показывающий с интегратором (измеряет только расход)	ДП-281	„ 160	
Самопишущий с приводом диаграммы от часового механизма	ДП-410	„ 160	
То же, от синхронного двигателя	ДП-610	„ 160	
Самопишущий с интегратором, с приводом диаграммы и интегратора от синхронного двигателя (измеряет только расход)	ДП-612	„ 160	
Самопишущий с дополнительной записью давления, с приводом диаграммы от синхронного двигателя	ДП-630	„ 160	
Показывающий с сигнальным устройством	ДП-278	„ 160	
Бесшкальный с индукционным датчиком	ДПЭС	„ 160	40; 63; 100; 160; 250; 400; 630; 1 000
Показывающий с индукционным датчиком	ДЭМП 280	„ 160	
Бесшкальный с масляным заполнением	ДПЭМ	„ 2,5	40; 63; 100; 160; 250; 400

Для определения действительного расхода надо разность показаний интегратора за учитываемый период умножить на постоянную интегратора.

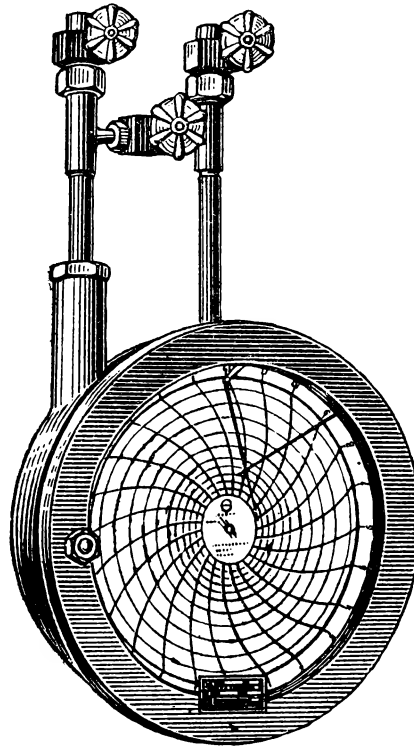


Рис. 76. Дифманометр ДП-410

Значения именованных шкал расходомеров имеют множитель 10^n, где n — любое целое положительное или отрицательное число.

Пределы измерения для дифманометров-уравнемеров с односторонней шкалой 0—100, 0—160, 0—250, 0—400 и 0—630 *см* столба измеряемой жидкости.

Пределы измерения дифманометров-уровнемеров с двусторонней шкалой ±315 и ±500 *мм* столба измеряемой жидкости.

Питание самопишущих приборов и приборов с электропередачей производится от сети переменного тока напряжением 127 *в*.

Мощность, потребляемая синхронным двигателем прибора, 13 *вт*.

Для измерения расходов насыщенного пара и с ненормализованными сужающими устройствами выпускаются приборы с ненормированной погрешностью измерения и носят название индикаторов расхода.

Приборы выпускаются заводом «Теплоконтроль» Татарского совнархоза.

4) Вторичные электрические приборы типа Э

Вторичный прибор снабжен индукционной катушкой с плунжером, воспроизводящим при помощи телеметрической системы механические перемещения аналогичного плунжера датчика. Результаты измерения показывающих приборов отсчитываются по шкале, в самопишущих приборах — записываются на дисковой диаграмме, которая приводится в движение синхронным двигателем СД-60.

Одновременно результаты измерения передаются в приборах Э-278 и Э-618 на сигнальное устройство, в приборах Э-281 и Э-612 на суммирующее устройство, предназначенное для суммирования мгновенных значений расхода вещества за любой промежуток времени.

Пределы измерения вторичного прибора соответствуют пределам измерения датчика, в комплекте с которым работает вторичный прибор.

Приборы комплектуются с датчиками ДПЭС; ДЭМП-280 и ДПЭМ.

Питание производится переменным током напряжением 127 *в*.

Габаритные размеры приборов 367×138 *мм*.

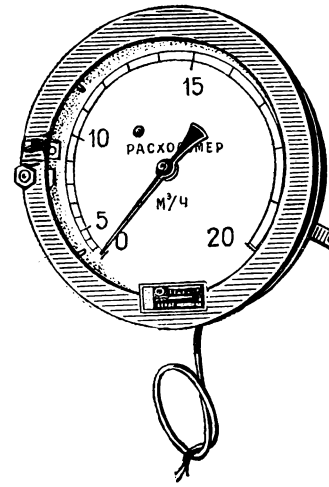


Рис. 77. Вторичный электрический прибор Э-280

Таблица 85

Модификации вторичных электрических приборов типа Э (рис. 77)

Модификации	Без дополнительных устройств	С суммирующим устройством	С сигнальным устройством
Показывающие	Э-280	Э-281	Э-278
Самопишущие	Э-610	Э-612	Э-618

Изготовитель — казанский завод «Теплоконтроль» Татарского совнархоза.

5) Газоанализаторы

Газоанализатор ГЭУК-21 для определения содержания CO_2 в топочных газах

Электрический газоанализатор ГЭУК-21 для автоматического определения двуокиси углерода в топочных газах в пределах 0—20%

(по объему) работает по методу сравнения теплопроводности анализируемой смеси с теплопроводностью воздуха при одинаковых температурах.

Сравнение теплопроводности анализируемой смеси и воздуха осуществляется при помощи измерительного моста, плечи которого выполнены из тонкой платиновой проволоки одинакового сопротивления. Два плеча помещены в камеры, через которые протекает анализируемая смесь. Два других плеча находятся в камерах с воздухом. Плечи нагреваются электрическим током от источника питания включенного в диагональ моста. Измерительный прибор, включенный в другую диагональ моста, реагирует на протекание через газовые камеры измеряемой газовой смеси.

В качестве измерительных приборов используются милливольтметры: показывающий МПЩПр-54 и самопишущий МСЩПр-154.

Просасывание газовой смеси через камеры прибора осуществляется водоструйным насосом. Для снижения погрешностей за счет содержания в топочных газах двуокиси серы используется сернистый фильтр.

В комплект газоанализатора входят датчик, показывающий прибор, газоотборное устройство с керамическим фильтром, холодильник, контрольный фильтр, водоструйный насос с жидкостным манометром и конденсационный сосуд.

При указании в заказе комплект газоанализатора может быть дополнен самопишущим милливольтметром, сернистым фильтром, печью дожигания водорода, водяным фильтром и источником питания ИП-6.

Изготовитель — ленинградский завод «Севзапмонтажавтоматика» Министерства строительства РСФСР.

6) Регуляторы автоматические

В котельных установках малой мощности автоматические регуляторы еще не получили достаточного распространения.

Обычно автоматическим регулированием охвачены процессы питания котлов водой, подачи топлива и отсоса дымовых газов.

Для питания водой котлов используются регуляторы поплавкового типа, устанавливаемые на барабанах котлов производства Бийского котельного завода.

Регуляторы выпускаются для котлов ДКВ производительностью 2,5; 4; 6,5 и 10 *т/час* пара.

Для регулирования горения котельных агрегатов применяется электрогидравлическая автоматика КАЭГ.

В комплект регуляторов КАЭГ входят:

блок регуляторов, включающий в себя регулятор давления, регулятор соотношения топливо—воздух и регулятор разрежения;

блок электрогидрореле, преобразующий электрический импульс регулятора в командный импульс подачи воды на поршень сервомотора;

комплект сервомоторов (обычно 2 шт.) для перемещения регулирующих органов;

редукционный клапан, поддерживающий постоянство давления воды к регулятору;

пульт управления, на котором сосредоточены ключи дистанционного управления сервомоторами.

Питание регуляторов в электрической части осуществляется от сети 220 *в* переменного тока.

Для питания сервомоторов используется вода давлением 4—6 *кг/см*^{2} на входе и 1,1—1,3 *кг/см*^{2} на выходе редуктора.

Регуляторы рассчитаны на максимальное давление пара 25 *кг/см*^{2}.

Изготовитель регуляторов КАЭГ — завод «Комега» Московского городского совнархоза.

VI. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ УСТРОЙСТВА КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Котельные установки разделяются на водогрейные, паровые, временные, постоянные и передвижные.

1. ПАРАМЕТРЫ ПАРА И ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ

Давление пара и температура перегрева выбираются в зависимости от требований потребителей тепла.

В условиях строительных организаций отопительно-производственные котельные, как правило, вырабатывают насыщенный пар давлением до 13 *ати* в зависимости от требования потребителей с учетом падения давления в паропроводе.

Перегретый пар до 250—350° вырабатывается в котельных установках в тех случаях, когда перегрев необходим для технологического процесса или когда пар подается к потребителям на большие расстояния.

В небольших отопительных котельных установках с чугунными и стальными трубчатыми котлами пар вырабатывается давлением до 0,7 *ати,* а в водогрейных котлах вода нагревается до 115°.

2. ТИП И КОЛИЧЕСТВО КОТЛОВ

Выбор типа котлов производится в зависимости от необходимой производительности котельной. Необходимо стремиться к тому, чтобы в котельной общее количество котлов было от 2 до 4. Возможность осуществления наиболее полной механизации всех процессов определяет выбор типа топок.

3. ВЫБОР ТОПЛИВА

Для удешевления стоимости строительства и эксплуатации отопительно-производственных котельных рекомендуется использование в них высококалорийных и малозольных топлив.

Наиболее целесообразно в таких котельных использование газа и мазута.

4. РАСПОЛОЖЕНИЕ КОТЕЛЬНОЙ

Котельные должны быть расположены вдали от жилого поселка и отделены от ближайших жилых и общественных зданий озелененной санитарно-защитной зоной согласно указаниям, приведенным в табл. 86, составленной на основании «Санитарных норм проектирования промышленных предприятий» (Н 101-54) и «Правил устройства отопительных котельных в населенных местах» (СН 12-57).

5. ПОМЕЩЕНИЕ ДЛЯ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Стационарные паровые котлы и вспомогательное оборудование к ним должны устанавливаться в отдельных помещениях, удовлетворяющих требованиям действующих «Строительных норм и правил», «Противопожарных норм строительного проектирования промышленных предприятий и населенных мест», «Санитарных норм проектирования промышленных предприятий» и «Правил устройства и безопасности эксплуатации паровых котлов».

Котельные помещения не должны примыкать к жилым зданиям и должны быть отделены брандмауэром от производственных помещений. Наружные стены котельных надлежит выполнять из несгораемых материалов.

В пунктах со средней температурой воздуха самого холодного месяца не ниже —5° допускается устройство открытых котельных, но должны быть приняты меры против замачивания кладки, завала снегом и обмерзания питательных и других трубопроводов, арматуры и гарнитуры. Для водоуказательной арматуры, измерительных приборов, питательных насосов и для работы кочегаров должна быть устроена теплая пристройка.

Таблица 86

Санитарно-защитные зоны для котельных

Зольность топлива в % к рабочей массе	Отопительные котельные с очисткой газов на 85—90%						Промышленные котельные с очисткой газов на			
							75%		90%	
	Расход топлива в *т/час*									
	до 3	3—5	5—10	10—15	15—20	20—25	3—12,5	12,5—25	3—12,5	12,5—25
	Санитарно-защитная зона в *м*									
До 10	25	30	40	50	60	75	100	100	100	100
10—15	35	40	50	60	80	100	100	300	100	100
15—20	45	50	65	80	100	125	100	300	100	100
20—25	55	65	80	100	125	150	100	300	100	100
25—30	65	80	100	125	150	175	100	300	100	300
35—45	75	100	125	150	175	200	300	500	100	300

Примечание. Для промышленных котельных, работающих на жидком топливе, санитарно-защитная зона устанавливается в 100 *м*, для отопительных котельных — в 25 *м*, для отопительных котельных, работающих на газообразном топливе, — в 15 *м*.

Внутри производственных помещений, над и под ними разрешается устанавливать водотрубные и дымогарные котлы с поверхностью нагрева не более 30 $м^2$ каждый, с рабочим давлением не выше 8 *ати* и водосодержанием не более 50 *л* на 1 $м^2$ поверхности нагрева.

Место установки таких котлов должно быть ограждено несгораемыми перегородками в соответствии с нормами.

Водогрейные и паровые котлы, работающие с давлением до 0,7 *ати*, могут устанавливаться в помещениях, примыкающих непосредственно к жилым и общественным зданиям, отделенных брандмауэром.

Строительные конструкции здания котельной должны быть стальные, железобетонные или каркасно-бетонные.

Покрытия котельных должны удовлетворять следующим требованиям:

а) при собственном весе конструкции покрытия до 90 *кг/м²* покрытие может быть сплошным, без световых или вентиляционных фонарей;

б) при собственном весе конструкции покрытия свыше 90 *кг/м²* в покрытии над котлами должны быть устроены световые или вентиляционные фонари с площадью отверстий не менее 10% от площади пола, занятой котлами.

Пол перед фронтом котлов, предназначенный для их обслуживания, должен быть не ниже уровня прилегающей к котельной территории и выполняется из кирпича, бетона или огнестойких плит.

Для удаления зольных остатков котельная должна иметь зольное помещение, изолированное от проникания пыли и газа, от помещения, в котором находятся паровые котлы. При среднесуточном выходе зольных остатков от всех котлов в самый холодный месяц не более 0,1 *т/час*, а также при механизированном золоудалении допускается устройство котельных без специального зольного помещения.

В случае если пол зольного помещения расположен ниже уровня прилегающей территории, то зольный подвал должен иметь по концам два выхода наружу.

В зольных помещениях должны быть оборудованы вентиляция и освещение.

При механизированном золоудалении допускается размещение механизмов ниже уровня прилегающей территории в непроходных каналах и приямках при наличии безопасного доступа для осмотра и ремонта механизмов. Проходной коридор для периодического осмотра и ремонта механизмов золоудаления должен иметь два выхода, каждый высотой не менее 1,9 *м* и шириной 1 *м*.

В тех случаях, когда подача топлива или вывоз золы осуществляются через ворота котельной, необходимо устраивать тамбур или воздушную завесу.

В каждом этаже котельной должно быть не менее двух выходов наружу, расположенных в противоположных сторонах помещения. Допускается устройство одного выхода наружу из каждого этажа, если площадь пола котельной менее 200 *м²* и имеется запасный выход на наружную пожарную лестницу.

В одноэтажных котельных при установке в них водотрубных и дымогарных котлов и при длине котлов по фронту не более 12 *м* допускается устройство одного выхода наружу. Выходные двери должны открываться наружу от простого нажатия на полотнище двери.

При котельной должны сооружаться служебно-бытовые помещения для персонала (мужские и женские гардеробные, душевые, уборные с умывальниками, помещения для принятия пищи, контора, лаборатория и пр.).

6. ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ КОТЕЛЬНОЙ

Помещение котельной, зольное помещение, а также все вспомогательные и бытовые помещения должны быть оборудованы вентиляцией, а также, в случае необходимости, и отоплением. Вентиляция котельной должна обеспечивать удаление излишков влажности, вред-

ных газов, пыли и поддержание следующих температурных условий:

а) в зоне постоянного пребывания обслуживающего персонала температура воздуха зимой должна быть не ниже +12° и летом — не более чем на 5° выше температуры наружного воздуха в тени;

б) в остальных местах возможного пребывания обслуживающего персонала температура воздуха не должна превышать более чем на 15° температуру в основной зоне.

7. ГАБАРИТЫ КОТЕЛЬНЫХ

Расстояние от фронта котлов или выступающих частей топок до стены котельной должно быть не менее 3 *м* и может быть уменьшено до 2 *м* для котлов производительностью до 2 *т/час* в следующих случаях:

а) при отапливании котлов газообразным или жидким топливом;

б) если топка не обслуживается со стороны фронта котла;

в) если топка, обслуживаемая с фронта, имеет длину не более 1 *м*.

Перед фронтом котлов разрешается устанавливать насосы, вентиляторы и щиты при наличии свободного прохода вдоль фронта шириной не менее 1,5 *м* и если указанное оборудование не будет мешать обслуживанию топок и котлов.

При боковом обслуживании (шуровка, обдувка и пр.) между котлами должен быть проход шириной не менее 2 *м* при установке котлов производительностью 4 *т/час* и выше, а производительностью до 4 *т/час* — не менее 1,5 *м*.

Если боковое обслуживание отсутствует, необходимо иметь хотя бы один проход между котлами или между стеной здания котельной и крайним котлом шириной не менее 1 *м*.

Между задней стеной обмуровки котла и задней стеной котельной также должен быть проход шириной 1 *м* и не менее 0,8 *м* между отдельными выступающими частями котла, а также между ними и выступающими частями зданий, лестницами, площадками и пр.

При отсутствии проходов между боковой стеной обмуровки и стеной здания котельной обмуровка должна отстоять от нее на расстоянии не менее 70 *мм*, причем этот промежуток должен быть заложен по краям и прикрыт сверху.

При установке вертикальных цилиндрических котлов (типа ВГД и др.), паровых котлов, работающих с давлением до 0,7 *ати*, и мелких водогрейных котлов, если требуется боковое обслуживание их, ширина проходов между котлами и боковыми стенами должна быть не менее 1 *м*.

Расстояние от верхней площадки обслуживания котла до нижних конструктивных частей покрытия котельной должно быть не менее 2 *м*.

Если не требуется переход через барабан, сухопарник или экономайзер, расстояние от них до нижних конструктивных частей покрытия котельной должно быть не менее 0,7 *м*.

Расстояние по вертикали от площадки для обслуживания водоуказательных приборов до середины водоуказательного прибора котла должно быть не менее 1 *м* и не более 1,5 *м*.

8. ЛЕСТНИЦЫ И ПЛОЩАДКИ

Для удобного и безопасного обслуживания котла должны быть установлены постоянные лестницы и площадки с перилами из несгораемых материалов. Они должны обеспечивать возможность доступа к основной арматуре, контрольно-измерительным приборам, регулирующим и продувочным устройствам, люкам, гляделкам и пр. Площадки для обслуживания должны иметь не менее двух лестниц. Устройство тупиковых площадок с одним выходом допускается при длине площадки не более 2 *м*.

Металлические площадки и ступени лестниц для обслуживания котлов и вспомогательного оборудования могут выполняться:

а) из рифленой листовой стали или из листов с негладкой поверхностью, полученной наплавкой;

б) из сотовой или полосовой стали (на ребро) с размером сот не более 30×30 *мм*.

Применение гладких площадок и ступеней, а также выполнение их из круглой прутковой стали не разрешается.

Площадки для обслуживания арматуры, контрольно-измерительных приборов и пр. должны иметь ширину не менее 800 *мм*. Остальные площадки должны быть шириной не менее 600 *мм*.

Лестницы высотой более 1,5 *м* должны иметь угол уклона к горизонтали не более 50°. Ширина лестниц должна быть не менее 600 *мм*, высота между ступенями — не более 200 *мм* и ширина ступеней — не менее 80 *мм*.

Над проходными площадками и лестницами должна быть свободная высота не менее 2 *м*.

Через каждые 3—4 *м* по высоте лестниц должны быть устроены площадки.

Для обслуживания баков и вспомогательного оборудования, не требующего систематического обслуживания, допускается устройство лестниц с углом наклона к горизонтали более 50°.

Площадки, лестницы и верхняя часть обмуровки котла должны иметь металлические перила высотой 1 *м* со сплошной обшивкой снизу на высоту не менее 100 *мм*.

9. БУНКЕРА ДЛЯ ТОПЛИВА

Для создания запаса топлива перед фронтом котла сооружаются железобетонные или металлические бункера емкостью, обеспечивающей работу котла не менее чем в течение одной смены. Верхняя отметка бункерной галереи обычно принимается на расстоянии 12—13 *м* от уровня земли. Высота бункерной галереи принимается не менее 2 *м*, ширина — от 3 до 3,5 *м* с учетом размещения ленточного или скребкового транспортера.

10. РАСХОДНЫЕ БАКИ ДЛЯ МАЗУТА

Расходные баки для мазута должны устанавливаться за пределами котельной. Допускается установка в котельной баков емкостью не более суточного расхода, но до 10 *т*. Помещение, в котором устанавливается такой бак, должно быть отделено от котельной несгораемыми стенами и перекрытием, а также иметь самостоятельный вход снаружи. Бак должен иметь переливную трубу для отвода ма-

зута (в случае переполнения бака) и спускную трубу с вентилем для спуска мазута при пожарной опасности в безопасное место.

Должен быть предусмотрен отвод вытекающего из форсунки мазута, чтобы последний не попадал на пол котельной.

Для прекращения подачи мазута к котлам при аварии или пожаре на трубопроводе должны быть установлены запорные вентили.

Помещение расходных баков должно быть постоянно запертым на замок.

Непосредственно в котельной (но не над котлами, экономайзерами и пароперегревателями) допускается установка закрытого расходного бака для мазута емкостью не выше 0,5 $м^3$. Бак не должен иметь нефтемерных стекол, а для определения уровня должны применяться поплавковые указатели. Бак должен сообщаться с наружным воздухом трубой диаметром не менее 50 *мм*.

Котельная должна быть оборудована средствами огнетушения.

11. ПИТАТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Питательная установка, состоящая из питательных насосов и баков, располагается вблизи от фронта обслуживания котлов (сбоку или сзади). Указания по выбору питательных насосов приведены в главе «Вспомогательное оборудование в котельных установках».

Обычно устанавливают два питательных бака общей емкостью, соответствующей часовой производительности котельной. Баки располагаются на высоте 4—4,5 *м* от оси питательных насосов для надежной работы последних при температуре питательной воды до 80°.

Штуцера всасывающих трубопроводов, подающих воду к питательным насосам, следует располагать выше дна бака не менее чем на 200 *мм*.

Для подогрева воды в питательных баках могут устанавливаться змеевики.

Возврат самотечного конденсата от внешних потребителей производится в сборный конденсатный бак, устанавливаемый обычно в подвале с отметкой пола — 3—3,5 *м*. Насосы для перекачки конденсата в питательные баки должны находиться там же и работать под заливом.

Химводоочистка располагается также в здании котельной вблизи от питательной установки.

12. ТРУБОПРОВОДЫ

Основной паропровод и отводы от него к котлам выполняются одинарными.

Между котлом и присоединенным к нему паропроводом должен быть установлен парозапорный вентиль или задвижка. При наличии пароперегревателя парозапорный орган должен быть установлен за ним.

Управление парозапорными органами котлов паропроизводительностью 4 *т/час* и выше должно осуществляться с рабочего места кочегара.

Питательные трубопроводы выполняются двойными для котлов паропроизводительностью 4 *т/час* и выше. Пропускная способность каждой питательной линии должна обеспечивать нормальную паропроизводительность котла и расход воды на его продувку. На питательном трубопроводе должны быть установлены задвижка или вентиль и обратный клапан, автоматически запирающийся давлением из котла.

На питательных линиях каждый котел должен иметь регулирующие вентили или задвижки с управлением при помощи дистанционного привода с рабочего места кочегара.

Кроме того, вновь устанавливаемые котлы паропроизводительностью 2 *т/час* и выше должны быть снабжены автоматическими регуляторами питания.

Если в котельной или у котла имеется отключаемый водяной экономайзер, то запорные органы и обратные клапаны устанавливаются как на вводах в котел, так и на входе в экономайзер. Отключаемые водяные экономайзеры должны иметь обводные питательные линии с запорными органами для питания котлов помимо экономайзера.

Каждый котел, пароперегреватель и водяной экономайзер должны иметь продувочные и спускные задвижки или вентили, обеспечивающие возможность удаления воды и осадков из самых нижних частей оборудования.

Для периодической продувки котлов с поверхностью нагрева выше 100 *м*^{2} или давлением выше 8 *ати* должен быть установлен дополнительно вентиль или задвижка непосредственно за первым запорным органом.

На линии непрерывной продувки, кроме специального регулирующего устройства, должен быть установлен запорный орган.

Каждый котел должен иметь самостоятельную продувочную линию от котла до магистрали, направленную либо в атмосферу, либо в продувочный бак, работающий без давления.

Устройства для непрерывной продувки котла должны иметь отдельные продувочные линии.

На общих продувочных или спускных линиях установка запорной арматуры запрещается.

Все трубопроводы должны иметь минимальное количество арматуры и фасонных частей.

Конфигурация трубопроводов должна обеспечивать естественную компенсацию теплового удлинения труб. Для длинных прямолинейных участков при недостатке самокомпенсации допускается применение компенсаторов.

Трубопроводы прокладываются на скользящих, катковых или подвесных подвижных опорах и должны иметь уклон 0,05 в сторону движения пара или воды. Мертвые точки создаются согласно расчету.

Скорость насыщенного пара в паропроводах допускается в пределах 20—30 *м/сек*, а в паропроводах перегретого пара — 50—80 *м/сек*.

Скорость воды во всасывающем трубопроводе принимается 0,5—1 *м/сек* и в нагнетательном — 1—2 *м/сек*.

Все трубопроводы в котельной изолируются. Толщина изоляции принимается в пределах от 40 до 80 *мм* с таким расчетом, чтобы температура поверхности изоляции трубопровода не превышала +50°.

13. СКЛАД ТОПЛИВА

Емкость склада топлива определяется из учета хранения 1—1,5-месячного запаса топлива.

Полезная площадь склада топлива определяется по формуле

$$F = \frac{24Bm}{\gamma h} \; м^2,$$

где B — часовой расход топлива в *кг*;
m — количество дней, на которое создается запас топлива;
γ — насыпной вес топлива в *кг/м*³;
h — высота штабеля в *м*.

Кроме того, при расчете емкости склада должны быть учтены необходимые проходы между штабелями и наличие у штабеля угла естественного откоса.

Высота штабелей и размеры их для различных видов топлива приведены в разделе I «Топливо, смазочные материалы и топливное хозяйство».

Для склада топлива устраивается гравийное или щебеночное основание с заливкой его тощим бетоном.

Таблица 87

Технические характеристики автопогрузчиков

Показатели	Единица измерения	Модель автопогрузчика	
		4000 М	4003
Грузоподъемность	*т*	3	5
Емкость ковша	*м*³	1	1,5
Высота подъема	*мм*	До 4 000	До 4 000
Скорость	*м/мин*	8,5	8,5
Максимальная скорость передвижения	*км/час*	40	36
Наименьшая высота автопогрузчика	*мм*	3 200	3 200
Общий вес автопогрузчика	*кг*	5 265	6 400

Таблица 88

Технические характеристики передвижных ленточных транспортеров

Показатели	Единица измерения	Типоразмер конвейера					
		КЛП-400			КЛП-500		
Ширина ленты	*мм*	400	400	400	500	500	500
Длина конвейера	*м*	5	7,5	10	10	15	20
Максимальная высота разгрузки	"	1,6	2,7	3,7	3,7	5,4	7,1
Ширина колесного хода	"	1	1,3	1,6	1,6	2	2,5
Производительность при насыпном весе груза 1 *т/м*³ и скорости движения ленты 1 *м/сек*	*т/час*	60	60	60	90	90	90
Потребная мощность мотора	*квт*	1,1	1,1	1,1	1,85	2,6	3,4
Вес конвейера	*кг*	330	400	500	700	1 100	1 600

Примечание. Скорость движения ленты для всех конвейеров находится в пределах от 0,63 до 4 *м/сек*.

Разгрузочно-погрузочные работы и штабелирование угля на складе топлива производятся при помощи ковшовых автопогрузчиков и передвижных ленточных транспортеров.

Таблица 89

Технические характеристики опрокидных вагонеток

Показатели	Единица измерения	Емкость вагонетки в $м^3$	
		0,75	1
Грузоподъемность	*т*	1,5	2
Длина рамы	*мм*	2 120	2 120
„ кузова	„	1 400	1 400
Ширина „	„	1 250	1 400
Высота верха над рельсами	„	1 215	1 290
„ кузова	„	710	770
База двухосная	„	600	600
Ширина колеи	„	750	750
Вес	*кг*	450	480

14. ДРОБЛЕНИЕ ТОПЛИВА

Для экономичного сжигания топлива и возможности осуществления механизации подачи топлива в топку требуется предварительное дробление топлива.

При сжигании углей в полумеханических топках с пневмомеханическим забросом топлива требуется дробление кусков до 30—40 *мм*.

При сжигании углей и антрацита на цепной решетке и в ручных топках размер кусков должен быть 40—50 *мм*.

При сжигании топлива в шахтно-мельничных топках требуется дробление до кусков размером не более 20 *мм*.

Дробление топлива производится в молотковых и валковых дробилках.

Установка дробилки производится до поступления топлива на тракт топливоподачи, например перед ленточным транспортером (см. рис. 79) или на складе топлива.

Загрузка топлива в дробилку производится при помощи скрепера, ленточного транспортера или автопогрузчика.

Ввиду того что дробилки малой производительности не изготовляются заводами серийно, желательно получение дробленого и сортированного угля для мелких промышленных и отопительных котельных.

В табл. 90 приведены характеристики дробилок наименьших типоразмеров, которые могут применяться для дробления угля в котельных установках.

Молотковую дробилку СМ-431 следует применять при сжигании угля в шахтно-мельничных топках. Двухвалковую зубчатую дробилку ДДЗ-1 целесообразно применять при сжигании угля на ручных решетках, полумеханических и на цепных решетках. Для небольших котельных производительность указанных дробилок слишком велика и устанавливать их рекомендуется на складе топлива для периодической работы.

Винтовая дробилка-грохот предназначена для дробления бурого угля.

Таблица 90

Характеристики дробилок для угля

Показатели	Единица измерения	Молотковая дробилка СМ-431		Двухвалковая зубчатая дробилка ДДЗ-1		Винтовая дробилка-грохот
Размер куска до дробления	*мм*	100	100	100	200	200
То же, после дробления	»	0—13	0—25	0—25	0—50	0—50
Производительность	*т/час*	18—24	36 - 48	20	35	10
Мощность электродвигателя	*квт*	55	55	5,8	8	10
Вес	*кг*	2 310	2 310	3 100	3 100	1 586
Габаритные размеры:						
длина	*мм*	1 350	1 350	2 225	2 225	3 882
ширина	»	1 255	1 255	2 245	2 245	959
высота	»	1 230	1 230	770	770	880

15. ТОПЛИВОПОДАЧА

Немеханизированная подача топлива в котельную и топку допускается для вновь строящихся котельных при сжигании под каждым котлом не более 1 *т* топлива в час.

Если пол котельной находится на отметке прилегающей к котельной территории, подача топлива может производиться автопогрузчиком с разгрузкой топлива в бункер перед фронтовой стеной котельной и с развозкой топлива к каждому котлу вагонеткой или же вагонеткой непосредственно со склада топлива к котлу.

Если отметка обслуживания ручных топок находится на высоте 3,5—3,8 *м*, то подача топлива осуществляется при помощи тельфера с самораскрывающимися кюбелями или в опрокидных вагонетках по наклонной эстакаде реверсивной канатной лебедкой (рис. 78).

Взвешивание топлива производится на вагонеточных весах грузоподъемностью 3 *т*, устанавливаемых на пути следования вагонетки или в тамбуре.

При установке механических или полумеханических топок и наличии перед котлами бункеров с отметкой бункерной галереи 12—13 *м* подача топлива может производиться ленточными и скребковыми транспортерами, ковшовыми элеваторами, подъемниками системы П. И. Шевьева и скиповыми.

В промышленных и отопительных котельных обычно устанавливается один ленточный транспортер шириной 500 или 600 *мм* (рис. 79). Скорость движения ленты принимается от 0,75 до 1,5 *м/сек*. Угол наклона ленточных транспортеров рекомендуется: для антрацита 17°, для рядового угля 18°, для сортированного угля 20° и торфа 22°. Для разгрузки топлива с ленточного транспортера в бункера применяются сбрасывающие тележки с ручным передвижением или сбрасывающие плужки. В случае применения ленточного транспортера взвешивание топлива производится автоматическими весами, устанавливаемыми на транспортере.

Скребковые транспортеры применяются для подачи древесных отходов. Угол наклона скребкового транспортера можно применять от 22 до 45°.

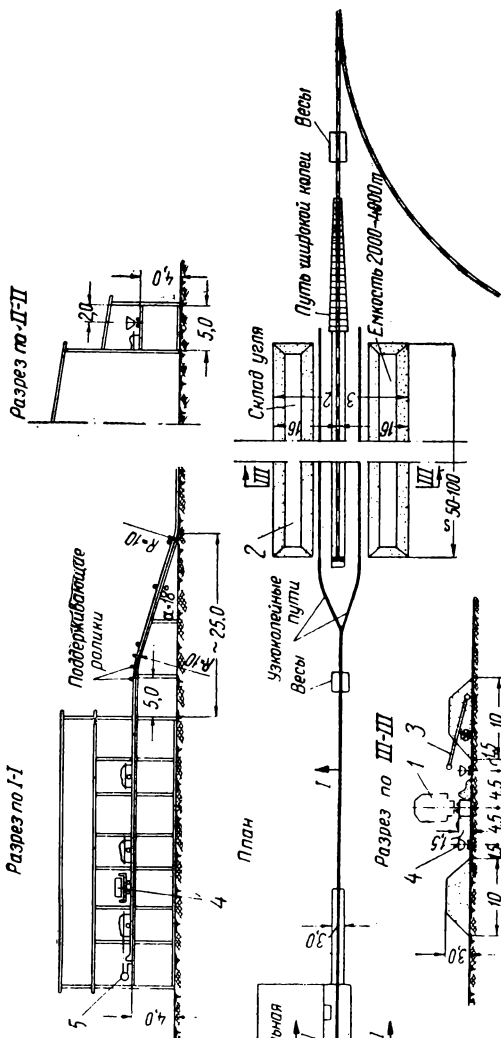


Рис. 78. Схема подачи топлива вагонетками по наклонной эстакаде

1 — вагон с углем; *2* — склад топлива; *3* — передвижной ленточный конвейер; *4* — узкоколейная вагонетка; *5* — лебедка

Таблица 91

Технические характеристики тельферов

Показатели	Единица измерения	Тип тельфера									
		ТВ-0,5	ТЭ-1	ТЭ-2	ТЭ-3	ТВ-301	ТВ-307	ТВ-306	ТВ-308	ТМК-102	ТМК-201
Грузоподъемность	*кг*	500	1 000	2 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	1 000	2 000
Высота подъема	*м*	6	6	6	6	6	10	20	30	12	12
Скорость „	*м/мин*	8	8	8	8	8	8	8	8	16	16
„ передвижения	„	Ручное	20	20	20	30	30	30	30	75	75
Строительная высота тельфера	*мм*	700	1 100	1 200	1 700	1 550	1 750	1 630	1 780	2 400	2 700
Мощность электродвигателя:											
подъема	*квт*	0,85	2,4	3,5	4,35	5	5	5	5	3,5	7,5
передвижения	„	Ручное	0,65	0,65	0,9	1,7	2×1,7	2×1,7	2×1,7	1,7	2×2,8
Вес тельфера	*кг*	100	440	485	850	880	1 200	1 260	1 800	—	—

Примечание. Тельфер ТМК-102 имеет кабину для управления и кюбель емкостью 0,35 $м^3$; тельфер ТМК-201 имеет кабину для управления и кюбель емкостью 1 $м^3$. Остальные тельферы снабжены крюком для подвешивания кюбеля.

Ковшовые элеваторы применяются для подъема на бункерную галерею антрацита и сухих углей. На рис. 80 показана схема подачи топлива при помощи ковшовых элеваторов.

Схема подачи топлива при помощи скипового подъемника показана на рис. 81.

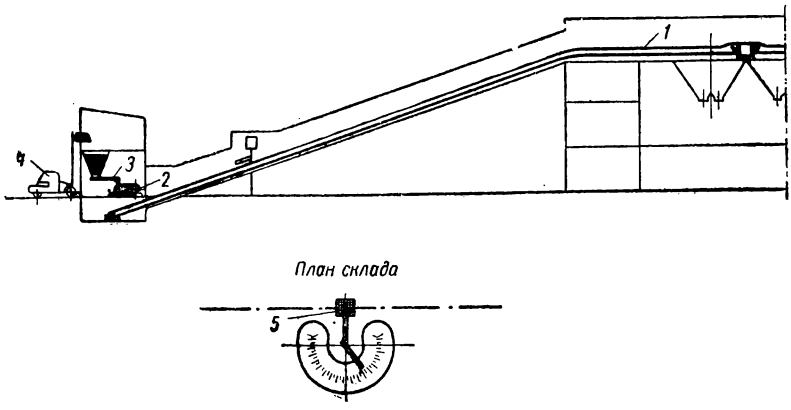


Рис. 79. Схема топливоподачи в котельную посредством ленточного транспортера

1 — ленточный транспортер; *2* — двухвалковая дробилка; *3* — лотковый питатель; *4* — автопогрузчик; *5* — безэстакадное приемно-разгрузочное устройство с двумя ленточными конвейерами

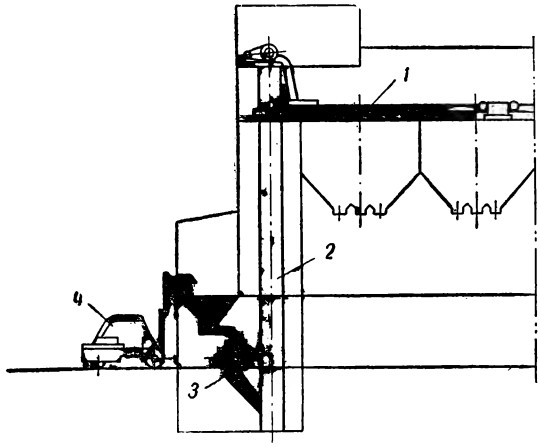


Рис. 80. Схема топливоподачи в котельную при помощи ковшового элеватора

1 — ленточный транспортер; *2*—ковшовый элеватор; *3*— двухвалковая дробилка; *4* — автопогрузчик

Емкость ковша скипа от 1 до 2,5 $м^3$. Скорость перемещения ковша 0,7—1 *м/сек*. Потребная мощность 12 *квт*.

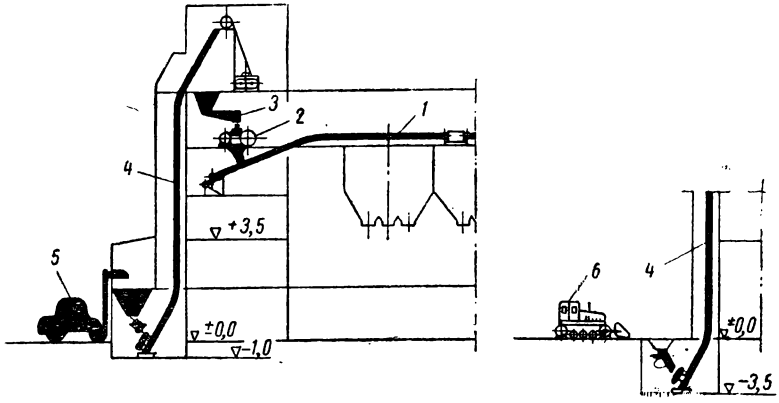


Рис. 81. Схема топливоподачи в котельную при помощи скипового подъемника

1 — ленточный транспортер; *2* — двухвалковая дробилка; *3* — лотковый питатель; *4* — вертикальный скиповый подъемник; *5* — автопогрузчик; *6* — бульдозер

Доставка топлива со склада к ковшовому элеватору или скиповому подъемнику производится автопогрузчиком или в опрокидных вагонетках с механической тягой. Распределение топлива по бункерам производится ленточным транспортером или вагонетками.

Таблица 92

Технические характеристики ковшовых элеваторов для вертикального подъема

Показатели	Единица измерения	Тип элеватора							
		Л160		Л250		Л350		Л450	
		Тип ковша							
		глубокий	мелкий	глубокий	мелкий	глубокий	мелкий	глубокий	мелкий
Производительность	$м^3/час$	8	3,1	21,6	11,8	42	25	69,5	48
Коэффициент заполнения	—	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6	0,4
Наибольшие размеры кусков угля	*мм*	25	25	35	35	45	45	55	55
Емкость ковша	*л*	1,1	0,65	3,2	2,6	7,8	7	15	14,5
Скорость движения ковша	*м/сек*	1	1	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Наибольшая высота подъема	*м*	33,7	33,7	33,5	33,5	31,5	33,1	30,6	33
Мощность электродвигателя	*квт*	1,7	1,7	4,5	2,8	7	4,5	10	7

В подъемнике системы П. И. Шевьева для бурого угля (рис. 82) винтовая дробилка-грохот производительностью 10 *т/час* является одновременно и питателем, подающим уголь в ковш емкостью 0,5—0,75 $м^3$, который при помощи лебедки движется по металлическим

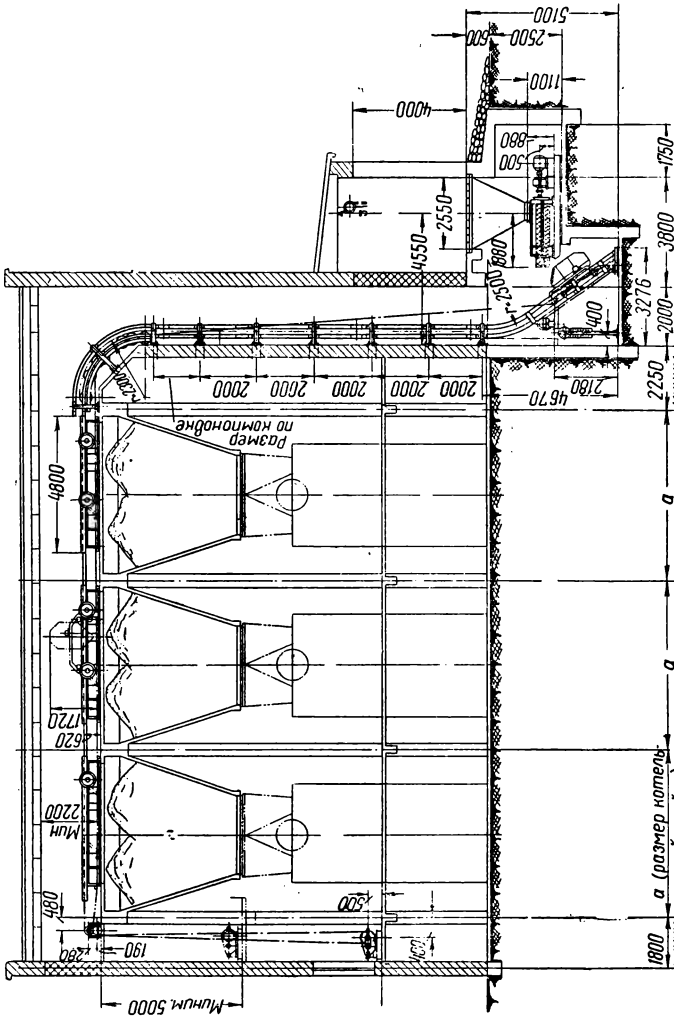


Рис. 82. Схема подачи топлива с подъемником системы П. И. Шевьева и винтовой дробилкой

конструкциям до отметки бункера, затем перемещается над бункерами и сбрасывает топливо в один из бункеров.

Суммарный (по вертикали и горизонтали) ход ковша лимитируется канатоемкостью лебедки и равен 65 *м*. Скорость передвижения ковша 0,5 *м/сек*.

Грузоподъемность лебедки 2 *т*. Мощность электродвигателя лебедки 11 *квт*.

Таблица 93

Техническая характеристика ковшового подъемника системы П. И. Шевьева

Показатели	Единица измерения	Емкость ковша 0,5 $м^3$		Емкость ковша 0,75 $м^3$ при загрузке винтовой дробилкой
		при загрузке винтовой дробилкой	при загрузке автоматическим загрузчиком	
Производительность подъемника при ходе ковша в *м*:				
25	$м^3/час$	4,5	10,5	7
35	»	4	8	6
45	»	3,5	6,5	5,5
55	»	3,3	5	5
65	»	3	4,5	4,5

Емкость бункеров перед котлами рекомендуется выполнять с учетом возможности работы топливоподачи в одну или две смены, т. е. создавать запас топлива в бункерах на 10—12 час. работы котельной.

Для обеспечения свободного прохода топлива течки из бункеров следует принимать: для угля не меньше 400×400 *мм*, для торфа 800×800 *мм*.

16. ЗОЛОУДАЛЕНИЕ

Количество сухих очаговых остатков, подлежащих удалению из котельной, определяется по следующей формуле:

$$M = \left(\frac{A_р}{100} + \frac{q_4 Q^р_н}{100 \cdot 8\,100}\right) B\ т/час,$$

где $A_р$ — зольность топлива в %;

q_4 — потеря от механического недожога в %;

$Q^р_н$ — низшая теплотворная способность топлива в *ккал/кг*;

B — часовой расход топлива в *т/час*.

При слоевом сжигании топлива отложение золы по элементам котла примерно следующее: в топке 60%, в газоходах 10%, в золоуловителе 20%; в дымовую трубу уносится 10%.

Допускается ручное золоудаление для вновь строящихся котельных, если под каждым котлом сжигается менее 1 *т* топлива в час с зольностью не более 15%. Шлаковые и золовые бункера должны иметь приспособления для заливки водой золы и шлака в самих бункерах

или вагонетках. Под бункером должны устраиваться изолированные камеры для установки вагонеток перед спуском в них золы и шлака. Управление затвором бункера и заливкой шлака должно быть вынесено за пределы камеры. Камеры должны иметь плотно закрывающиеся дверцы и вытяжную вентиляцию.

При ручной отвозке золы в вагонетках нижние части зольных бункеров должны быть расположены от уровня пола на таком расстоянии, чтобы под шлаковым или зольным затвором высота от пола была не менее 1,9 *м*. При механизированной отвозке вагонеток это расстояние должно быть на 0,5 *м* больше высоты вагонетки.

Зольное помещение должно быть шире вагонетки на 0,7 *м* с каждой стороны.

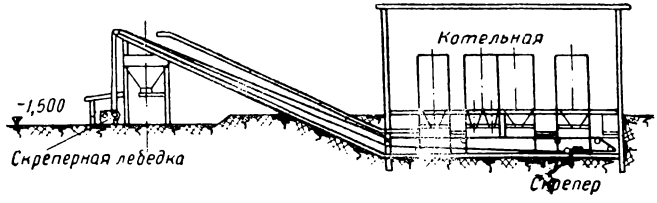


Рис. 83. Схема золоудаления из котельной посредством скрепера

Если при ручных колосниковых решетках зола и шлак выгребаются из топки непосредственно на рабочий пол, то в котельной над местом заливки очаговых остатков должна быть устроена специальная вытяжная вентиляция.

Расход воды на гашение шлака — 0,8 *т* на 1 *т* шлака.

Золу и шлаки вывозят из котельной на золоотвал в вагонетках емкостью 0,75—1 $м^3$.

Механизированное золоудаление в отопительных и производственных котельных осуществляется скрепером, который передвигается скреперной лебедкой по каналу, расположенному под котлами в местах сброса шлака и золы. За пределами помещения котельной скрепер передвигается по наклонной эстакаде и ссыпает шлак и золу в бункер, расположенный вблизи котельной (рис. 83).

Разгрузка бункера производится в автомашины, в которых зола и шлак транспортируются к месту использования или в золоотвал.

17. ПЕРЕДВИЖНЫЕ КОТЕЛЬНЫЕ

Промышленностью выпускаются передвижные котельные на давление 8 *ати*, паропроизводительностью 4 и 12,5 *т/час*.

Котельная паропроизводительностью 4 *т/час* оборудована двухбарабанным вертикально-водотрубным котлом, который вместе с вспомогательным оборудованием располагается на четырехосной железнодорожной платформе. Уголь из бункера при помощи паровозного стокера подается в топку на колосниковую решетку с качающимися колосниками. За котлом устанавливается трубчатый воздухоподогреватель, в котором уходящие газы охлаждаются до 215°.

Коэффициент полезного действия котельной 71%.

Топка котла экранирована. Ширина топки 2 080 *мм*, глубина 2 760 *мм*.

Тяга осуществляется при помощи дымососа производительностью 13 000 *м*³/*час*, создающего разрежение 112 *мм* вод. ст. Мощность электродвигателя дымососа 13 *квт*. Газы выбрасываются через металлическую дымовую трубу высотой от основания котла 5 880 *мм*.

Дутье производится вентилятором производительностью 8 140 *м*³/*час*, работающим с напором 207 *мм* вод. ст. Мощность электродвигателя у вентилятора 10 *квт*.

Питание котла производится паровым поршневым насосом 46Г производительностью 6—14 *м*³/*час*, работающим с напором 120 *м* вод. ст. Резервным питательным устройством является паровозный инжектор производительностью 9 *м*³/*час*.

Котельная оборудована термической водоочисткой, состоящей из водоумягчителя, дозатора, бака для раствора реагента и бака для очищенной воды.

Габариты передвижной котельной: длина 13 375 *мм*, ширина 3 195 *мм*, высота от головки рельсового пути 5 275 *мм*.

Передвижная котельная паропроизводительностью 12,5 *т*/*час* оборудована одним однобарабанным экранированным котлом шатрового типа, который вырабатывает пар, насыщенный или перегретый до температуры 225°, давлением 8 *ати*.

Котел и вспомогательное оборудование размещаются в шестиосном вагоне, запроектированном Ленинградским заводом имени Егорова для энергопоезда.

Уголь сжигается на цепной решетке обратного хода (ЛЦР-ПМЗ) с пневмозабрасывателем.

Размеры решетки следующие: ширина полотна 1 990 *мм*, расстояние между осями валов 4 200 *мм*, активная площадь решетки 8 *м*², расчетная площадь решетки 6,9 *м*², объем топочного пространства 18 *м*³.

За котлом устанавливается трубчатый водяной экономайзер, в котором уходящие газы охлаждаются до 200°. Коэффициент полезного действия котельной 80%.

Тяга осуществляется при помощи дымососа Д-10 производительностью 25 000 *м*³/*час*, работающего с напором 69 *мм* вод. ст. Мощность электродвигателя у дымососа 14 *квт*.

Газы выбрасываются через металлическую дымовую трубу диаметром 800 *мм*, высотой 13 845 *мм* от отметки головки рельсов.

Дутье производится вентилятором ВД-8 производительностью 11 800 *м*³/*час*, работающим с напором 125 *мм* вод. ст. Мощность электродвигателя у вентилятора 10 *квт*.

Питание котла производится центробежно-вихревым двухступенчатым насосом 2,5ЦВ-1,1 производительностью 15,5 *м*³/*час*, работающим с напором 120 *м* вод. ст. Мощность электродвигателя у насоса 20 *квт*.

Резервными питательными устройствами являются паровой поршневой насос 46Г производительностью 6—14 *м*³/*час* и паровозный инжектор производительностью 9 *м*³/*час*.

В вагоне котельной располагается резервный бак питательной воды емкостью 2,5 *м*³.

Оборудование водоподготовки располагается в отдельном четырехосном вагоне и состоит из катионитовых и кварцевых фильтров, оборудования непрерывной продувки, перекачивающих насосов и деаэратора производительностью 25 *м*³/*час* с баком емкостью 15 *м*³.

Топливный склад располагается рядом с котельной. Из штабелей уголь бульдозером сталкивается в яму, откуда он забирается грейферным краном на гусеничном ходу типа ПК-2м с грейфером емкостью 1,5 $м^3$ и грузоподъемностью 3 *т* и ссыпается в приемный бункер дробилки. Отсюда уголь подается ленточным питателем в двухвалковую зубчатую дробилку ДДЗ-1 производительностью 20 *т/час*, из нее сбрасывается в яму дробленого угля, откуда последний вторично забирается грейфером и подается в съемный бункер котельной емкостью 12,6 $м^3$. Дробилка и питатель, сбрасывающий топливо в яму, располагаются на двухосной платформе.

Золоудаление осуществляется при помощи скребкового транспортера, располагаемого на глубине 0,6 *м* ниже железнодорожного полотна. Транспортер имеет длину 10 *м* и сбрасывает золу в вагонетку.

Габариты передвижной котельной: длина вагона котельной 18 000 *мм*, длина вагона водоподготовки 16 424 *мм*, длина перехода между вагонами 2 400 *мм*, высота вагона котельной от отметки головки рельсов 5 300 *мм*, ширина вагона котельной 3 120 *мм*.

С 1959 г. начали изготовляться передвижные котельные паропроизводительностью 4 и 10 *т/час*, работающие на мазуте.

Ввиду меньшего веса оборудования котельной, работающей на мазуте, имеется возможность разместить его на четырехосной платформе. Коэффициент полезного действия передвижных котельных, работающих на мазуте, определен в 88,5%.

Мазутное хозяйство располагается на трех четырехосных платформах. На одной платформе располагаются в закрытом помещении фильтры, подогреватели, насосы и один расходный бак на 20 *т* мазута; на второй платформе располагаются два расходных бака на 20—25 *т* мазута каждый и на третьей платформе — сливной бак.

Запроектирована также передвижная водогрейная котельная теплопроизводительностью 3 *мгкал/час* для отопления жилого поселка и производственных помещений строительной площадки.

VII. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

1. ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОТЛОВ

До пуска в работу котлы, пароперегреватели, экономайзеры должны быть зарегистрированы в органах Госгортехнадзора. Для регистрации должны быть представлены: паспорт по установленной форме с приложением чертежей котла и расчета на прочность, чертежи помещения котельной, справка о количестве и характеристике питательных насосов, анализ питательной воды и данные о химводоочистке, акт об исправности котла и данные о качестве монтажа, справки, удостоверяющие качество проведенных сварочных работ в соответствии с требованиями Госгортехнадзора.

Регистрации не подлежат паровые котлы, у которых $(t—100)V \leqslant 3\,000$, где t — температура жидкости при рабочем давлении, а V — полный объем котла в *л*.

Руководство котельной должно поручаться лицу со специальным техническим образованием или практику после проверки его знаний в квалификационной комиссии.

Уход за котлом поручается лицам в возрасте не менее 18 лет, прошедшим медицинское освидетельствование, обученным по определенной программе и имеющим удостоверение квалификационной комиссии о сдаче испытаний. Администрация предприятия должна не реже одного раза в год производить повторные проверки знаний персонала котельной.

Заведующий котельной является ответственным за содержание котлов и другого оборудования котельной, а также помещений котельной в соответствии с требованиями «Правил устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов» Госгортехнадзора, обеспечивая безопасность обслуживания и надежность работы оборудования котельной.

Заведующий котельной должен обеспечить своевременное проведение текущего и капитального ремонта котлов и другого котельного оборудования, помещений котельной, поддержание в ней чистоты, своевременную остановку котлов на чистку, промывку, проведение освидетельствования котлов.

Предприятием должны быть разработаны инструкции по обслуживанию агрегатов и вывешены на видном месте в котельной, а также выданы под расписку персоналу, обслуживающему эти агрегаты. Заведующий котельной осуществляет надзор за выполнением работниками котельной инструкций по эксплуатации оборудования. Заведующий и персонал котельной отвечают за выработку пара в соответствии с графиком потребления его, за качество и характеристику вырабатываемого пара и за экономичное расходование топлива, а также за безопасность эксплуатации оборудования.

Должен быть организован систематический учет расхода топлива, выработки пара, количества возвращаемого конденсата, расхода реагентов на химводоочистку, расхода электроэнергии на собственные нужды и пр.

Количество работников, обслуживающих котлы и другое оборудование котельной, должно полностью обеспечивать надежную и безопасную работу котлов и всего остального оборудования котельной. Во время работы котла запрещается поручать кочегару, обслуживающему котел, какие-либо другие работы, не относящиеся к уходу за котлами, например доставлять топливо в котельную, выполнять ремонтные работы и пр.

Запрещается оставлять котел без надзора до прекращения горения, удаления топлива из топки и снижения давления в котле до атмосферного.

Котельная должна содержаться в чистоте. Проходы и выходы в котельной всегда должны быть свободными. Запрещается загромождать котельную какими-либо материалами, предметами или хранить их на котле.

Вход в котельную посторонним лицам должен быть запрещен и на каждой входной двери в котельную с наружной стороны должно быть вывешено соответствующее объявление об этом. Посторонние лица могут допускаться в котельную только с особого разрешения администрации.

Проверка исправности действия манометров с помощью трехходовых кранов и водоуказательной арматуры продувкой должна производиться не реже одного раза в смену. Исправность каждого предохранительного клапана должна проверяться продувкой не реже одного раза в смену. Запрещается работа котлов, пароперегревателей и водяных экономайзеров с неисправными или неотрегулированными предо-

хранительными клапанами. Запрещается заклинивать предохранительные клапаны на работающих котлах или увеличивать нажатие на их тарелки путем увеличения груза или каким-либо другим способом. Исправность всех питательных приборов должна проверяться не реже одного раза в сутки путем кратковременного пуска каждого из них в работу.

В котельной должен иметься оперативный вахтенный журнал, в который записываются выявленные неисправности котлов и котельного оборудования, а также дата производства продувки котлов и ее продолжительность. Прием и сдача сменами котлов и оборудования котельной должны оформляться в вахтенном журнале за подписями ответственных по смене лиц.

Котел, находящийся в работе, должен быть немедленно остановлен в следующих случаях:

1) давление в котле поднимается выше разрешенного и продолжает расти, несмотря на прекращение подачи топлива, уменьшение тяги и дутья и усиленное питание котла водой;

2) произошел упуск воды;

3) уровень воды поднялся выше верхнего видимого уровня в водоуказательном приборе и продувкой котла не удается снизить его;

4) уровень воды в котле, несмотря на питание его водой, быстро понижается;

5) перестали действовать все питательные приборы;

6) перестали действовать все предохранительные клапаны или все водоуказательные приборы;

7) в основных элементах котла обнаружены: трещина, выпучина, пропуски в сварных швах;

8) при повреждении элементов котла, создающем опасность для обслуживающего персонала или угрозу разрушения котла.

Порядок аварийных остановов котлов должен быть указан в инструкции по обслуживанию котла, выпускаемой предприятием.

Котлы, пароперегреватели и экономайзеры должны подвергаться техническим освидетельствованиям до пуска в работу и периодически в процессе эксплуатации.

Техническое освидетельствование состоит из внутреннего осмотра и гидравлического испытания.

Внутренний осмотр котлов, находящихся в эксплуатации, производится органами Госгортехнадзора не реже чем через каждые 3 года, а гидравлическое испытание котлов — не реже чем через каждые 6 лет.

Внеочередное техническое освидетельствование котла, пароперегревателя или экономайзера производится в следующих случаях:

1) если котел до пуска находился в бездействии более 1 года или был демонтирован и установлен на новом месте;

2) если производилась замена листа или сварка элементов котла, работающих под давлением, или выправление выпучин, вмятин основных элементов котла;

3) после одновременной смены более 50% общего количества экранных и кипятильных труб или 100% пароперегревательных, экономайзерных и дымогарных труб;

4) после смены коллектора: экрана, пароперегревателя или экономайзера.

Техническое освидетельствование котла инспектором Госгортехнадзора должно производиться в присутствии представителя администрации предприятия.

Предприятия — владельцы котлов — должны производить следующие освидетельствования:

1) внутренний осмотр и гидравлическое испытание рабочим давлением вновь устанавливаемого котла в случае, если он прибыл на место установки в собранном виде и подвергался освидетельствованию на заводе-изготовителе;

2) внутренний осмотр и гидравлическое испытание вновь устанавливаемых котлов, которые не подлежат регистрации в органах Госгортехнадзора;

3) внутренний осмотр и гидравлическое испытание рабочим давлением котлов каждый раз после чистки их внутренних поверхностей и ремонта котла, пароперегревателя или экономайзера.

Котел (пароперегреватель, экономайзер) перед внутренним осмотром и гидравлическим испытанием должен быть охлажден и тщательно очищен от накипи, сажи и золы.

При внутреннем осмотре котла, пароперегревателя, экономайзера должно быть обращено внимание на выявление следующих возможных дефектов:

1) трещин и надрывов на внутренней и наружной поверхности стенок элементов котла, особенно в местах расположения отверстий, в сварных швах, в местах отбортовки днищ и других элементов; выпучин и отдулин у обогреваемых элементов и коррозии внутренних или наружных поверхностей котла;

2) нарушений плотности вальцовочных соединений, наличия кольцевых трещин у завальцованных концов труб;

3) коррозии и обрыва связей;

4) коррозии в местах соприкосновения стенок котла с кладкой;

5) повреждений обмуровки, связанных с опасностью перегрева металла элементов котла, работающих под давлением, или каркаса.

Гидравлические испытания котла, пароперегревателя и экономайзера производятся (инспектором Госгортехнадзора) давлением согласно табл. 94.

Таблица 94

Наименование	Рабочее давление в котле P *ати*	Пробное давление
Паровой котел	До 5	1,5 P, но не менее 2 *ати*
То же	Свыше 5	1,25 P, „ „ „ $P+3$ *ати*
Пароперегреватель	Независимо от давления	Пробное давление для котла
Отключаемый экономайзер	То же	1,25 P + 5 *ати*
Водогрейный котел	„	1,25 P, но не менее $P+3$ *ати*

При определении пробного давления для водогрейных котлов вместо рабочего давления принимается давление воды при входе в котел с максимальной нагрузкой.

Котел, пароперегреватель и экономайзер признаются выдержавшими гидравлическое испытание, если:

1) не оказывается признаков разрыва;

2) не замечается течи;

3) не замечается остаточных деформаций после испытания.

При появлении слезок и потения в сварных швах или стенках котел признается не выдержавшим испытание.

Если при освидетельствовании котла (пароперегревателя, экономайзера) будут обнаружены дефекты, снижающие прочность, то такой котел может быть допущен к работе инспектором Госгортехнадзора при пониженном рабочем давлении. О причине снижения давления должна быть сделана запись в паспорте котла (котельной книге).

О каждой аварии и каждом смертельном и тяжелом несчастном случае, связанном с аварией или обслуживанием паровых котлов, пароперегревателей и водяных экономайзеров, администрация предприятия обязана немедленно уведомить местный орган Госгортехнадзора.

Подробные указания по безопасной эксплуатации котлов, пароперегревателей и водяных экономайзеров изложены в «Правилах устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов», утвержденных Госгортехнадзором СССР 19 марта 1957 г.

2. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Перед пуском котла необходимо провести тщательный внутренний и наружный осмотр его. Если в котле будут обнаружены маслянистые пятна или другое загрязнение, то он должен быть подвергнут щелочению.

Перед растопкой котла необходимо открыть предохранительные клапаны на все время растопки и закрыть их, как только покажется пар.

Прогрев кладки обмуровки перед пуском котла производится в течение 4 час.

Растопку следует вести на умеренной естественной тяге.

После того как давление поднимется до рабочего, проверяются предохранительные клапаны, устанавливаются и закрепляются грузы на них так, чтобы клапаны открывались при давлении не свыше 0,2 *ати* сверх разрешенного рабочего давления. Один из клапанов должен быть в кожухе замкнут на замок, ключ от которого хранится у заведующего котельной.

До включения котла в магистраль необходимо в течение 15—20 мин. прогреть паропровод в пределах котла и продуть его через все имеющиеся дренажи. После включения котла в магистраль следует закрыть прямую продувку паропровода и перевести дренаж на конденсационные горшки.

При уходе за котлом необходимо следить за уровнем воды в барабане, не допуская значительных отклонений от нормы, и за давлением в котле, не допуская резких изменений.

Необходимо каждую смену проверять плотность спускных, продувочных и дренажных линий и арматуры их.

В целях поддержания чистоты внутренних поверхностей котла и предупреждения вспенивания и уноса солей с насыщенным паром необходимо систематически производить продувку котла — непрерывную и периодическую.

Непрерывная продувка осуществляется для поддержания в котловой воде постоянного солесодержания. Периодическая продувка имеет целью удаление из котла шлама — осажденных солей, которые скапливаются в нижних его частях.

Перед продуванием уровень воды в котле следует поднять до наивысшего допустимого, медленно и осторожно открыть вентили на

продувочной линии, во время продувания внимательно следить за уровнем и прекратить продувание при опускании его ниже нормального.

Продувать котел рекомендуется при пониженном давлении и уменьшенной интенсивности горения в топке.

Необходимо производить обдувку поверхностей нагрева в сроки, указанные в инструкции по обслуживанию котлоагрегата. Перед обдувкой котла необходимо увеличить тягу и добиться разрежения в топке. Нельзя производить обдувку котла при открытых топочных дверках. Перед началом обдувки обдувочный паропровод необходимо продуть, впуск пара производить медленно после того, как труба будет введена внутрь кладки. Обдувку следует немедленно прекратить, если из топки выбиваются газы.

Необходимо следить за правильным топочным режимом котла: за равномерной подачей воздуха по отдельным секциям решетки, равномерной толщиной слоя по всей решетке, нормальным содержанием избытка воздуха, разрежением в топке, перед экономайзером и перед трубой.

При отоплении котла твердым топливом оно забрасывается понемногу, через небольшие промежутки времени (10—15 мин.), заполняя ровным слоем площадь решетки. При нескольких топках загрузку топлива производят последовательно, закрывая заслонку на подводящем воздуховоде.

Если будут обнаружены на решетке прорывы воздуха, необходимо их быстро заровнять гребком. При обслуживании топок с пневмомеханическим забросом топлива необходимо так отрегулировать дальность заброса топлива, чтобы обеспечивалось равномерное горение слоя по всей длине решетки.

Слой топлива не следует шуровать. Все недостатки распределения топлива по решетке следует исправлять изменением дальности заброса угля.

По мере накопления золы и шлаков на колосниковой решетке сопротивление слоя повышается. Для сохранения нормальной работы топки необходимо усиливать воздушное дутье. При сжигании углей с легкоплавкой золой шлаки на колосниковой решетке накапливаются неравномерно, в отдельных местах щели колосников залипают, что нарушает нормальную работу топки. Для восстановления нормальной работы топки необходимо уплотненные скопления шлаков прорезать. Когда подрезка шлаков не обеспечивает нормальной работы топки, приступают к очистке колосниковой решетки.

Чистку колосниковой решетки производят при минимальной нагрузке котла, так как во время чистки снижаются тепловое напряжение топки и производительность котла.

При чистке топки горячее топливо сгребают в одну сторону решетки и на него забрасывают некоторое количество свежего топлива, после чего на другой стороне прорезают резаком шлак, или при качающихся колосниках постепенно прокачивают опрокидные колосники и, дав прогореть, сбрасывают шлак в зольник. Затем сгребают горячее топливо на очищенную сторону и таким же порядком очищают другую половину решетки. После очистки разравнивают топливо по всей решетке и добавляют свежее топливо до получения шлаковой подушки. Одновременно включают дутье.

Удаляя шлак из топки, необходимо отделять от него несгоревшее топливо.

При выгребании золы и шлака из топки или спуске в вагонетки, находящиеся в специальных камерах, шлак и золу заливают водой. Зольщик должен находиться при этом на расстоянии, гарантирующем его от ожога паром.

Удаление золы и шлаков следует производить при открытой дымовой заслонке.

Шиберы шлакового и зольного бункеров следует открывать на расстоянии, обеспечивающем безопасность обслуживающего персонала от ожога и отравления газами.

Периодичность чистки топки и удаления золы и шлаков устанавливается администрацией котельной в зависимости от сжигаемого топлива и конструкции топочного устройства.

При наличии в котле пароперегревателя необходимо следить за температурой перегрева пара, поддерживая ее на одном уровне.

Во время растопки котла или временной остановки его необходимо предохранять трубки пароперегревателя от перегорания. Для этого пароперегреватель заливают очищенной водой или пропускают через него небольшое количество пара, взятого из соседних котлов.

Питание котла через экономайзер следует производить непрерывно, так как иначе вода может закипеть и причинить разрушения в экономайзере. Экономайзер питают подогретой водой во избежание осаждения росы на его стенках; питание регулируют насосом, подающим воду. Запорный клапан на выходе из экономайзера следует держать всегда полностью открытым.

Необходимо следить за показанием манометра на экономайзере и котле.

Один раз в смену необходимо проверять оба предохранительных клапана и наличие масла в гильзах для термометра и выпускать через воздушный кран воздух из экономайзера. Периодически проверяют плотность спускных труб.

Перед пуском центробежного питательного насоса его подшипники необходимо залить свежим или профильтрованным маслом. Пускать насос следует полностью залитым водой; открывать задвижку на напорном штуцере следует после того, как насос достигнет нормального числа оборотов. Подача воды регулируется запорной задвижкой.

Во время работы насоса необходимо периодически продувать пробные краники, проверять температуру и количество масла в подшипниках, вращение смазочных колец подшипников и работу сальников.

Во время работы парового поршневого насоса необходимо следить за регулярной смазкой его деталей, плотностью сальников, крышек, всасывающей трубы и фланцев, а также за отсутствием подсосов воздуха.

При пуске и работе дымососов и вентиляторов необходимо следить за тем, чтобы мотор не перегружался, масло в подшипниках было чистым и не нагревалось выше 65°, чтобы поступало достаточное количество воды для охлаждения подшипников, все смазочные кольца вращались и отсутствовала вибрация крыльчатки.

Необходимо тщательно следить за работой золоуловителей и пылевыгрузочного устройства, регулярным удалением пыли из бункера; не допускать подсоса в золоуловитель наружного воздуха или выброса газа через неплотности.

Перед включением главного паропровода в работу его необходимо медленно, в течение 20—30 мин., прогревать при открытых дренажах и

лишь после этого можно начать медленно открывать главные паровые задвижки. После того как из продувочных линий будет выходить сухой пар, прекращается прямое продувание и дренажи переводят на конденсационные горшки.

Во время работы главного паропровода необходимо проверять плотность всех соединений, а также состояние тепловой изоляции.

Помимо указанного, при эксплуатации котельной установки необходимо добиваться работы котельных агрегатов при оптимальном режиме, т. е. при минимальных тепловых потерях с максимальным коэффициентом полезного действия.

Наибольшей в котельном агрегате является потеря тепла с уходящими газами. При сжигании угля и оптимальной температуре уходящих газов 150—180° потеря тепла с уходящими газами составляет 6—8%.

При сжигании газа и мазута температуру уходящих газов следует доводить до 120—140°, что снижает потери с уходящими газами до 5—6%.

Для того чтобы потери тепла с уходящими газами не превышали расчетных, необходимо не форсировать топку выше расчетной величины, не допускать увеличения избытка воздуха и загрязнения поверхностей нагрева.

Необходимо следить за исправностью перегородок в газоходах котла и бороться с присосами через неплотности кладки, топочные дверцы и шиберы.

Потеря тепла от химической неполноты горения может быть доведена до нуля при сжигании любого топлива при умелом уходе за топкой, в особенности при сжигании жидкого и газообразного топлива. Для этого необходимо подавать в топку достаточное количество воздуха, добиваться лучшего перемешивания в топке воздуха с летучими веществами, вышедшими из топлива, и поддерживать расчетную температуру в топке.

Потеря тепла вследствие механической неполноты горения имеет место из-за провала мелких частиц топлива через прозоры колосников и из-за уноса мелких несгоревших частиц топлива в дымоходы. Во избежание чрезмерного уноса не следует форсировать топку выше расчетных величин. Необходимо также следить, чтобы при чистке топки в выгреб попадало минимальное количество несгоревшего топлива.

Потеря тепла в окружающую среду является следствием охлаждения кладки, выступающих металлических элементов котла и трубопроводов. Для уменьшения этой потери необходимо следить за состоянием обмуровки и изоляции трубопроводов.

Коэффициент полезного действия котлоагрегата, если последний правильно запроектирован и надлежащим образом эксплуатируется, может быть доведен при сжигании угля до 75—85% и при сжигании газа и мазута до 90—92%.

Одним из наиболее важных средств улучшения работы котельной установки, повышения экономичности и надежности является применение автоматического регулирования в котельных.

Центральный котлотурбинный институт имени Ползунова разработал автоматы горения КРГ-ЭГ (изготовляются отечественными заводами). В качестве регулируемых параметров принимаются: давление пара в магистрали, соотношение топливо-воздух, разрежение в топке и уровень воды в барабане.

Автоматическое поддержание давления пара позволяет вырабатывать пар в соответствии с потребностью. Автоматическое регулирова-

Таблица 95

Меры предупреждения нарушений режима работы котлоагрегата

Нарушение режима работы котлоагрегата	Причины	Возможные последствия	Меры предупреждения нарушения	Меры, принимаемые для ликвидации нарушения режима работы
Упуск воды из котла	Засорение крана водомерных стекол, быстрое падение уровня вследствие утечки воды из-за расстройства питания, заедание продувочного крана, появление трещин и т. д.	Выпучины, трещины, взрыв	Содержание водомерных стекол в чистоте, продувание их; проверка в каждую смену состояния насосов, и питающего, обратного и спускного клапанов	Остановка топки, удаление огня, закрытие паровых вентилей; при падающем уровне—питание котла (при упуске воды питать котел нельзя)
Чрезмерное повышение давления	Неисправность манометра или предохранительных клапанов, внезапный сброс нагрузки	Взрыв котла	Проверка в каждую смену предохранительных клапанов и манометра, наблюдение за уровнем воды	Уменьшение и даже прекращение горения, усиленное питание, выпуск пара в атмосферу
Разрыв паропровода или вентилей	Резкое открывание парового вентиля, перекачка воды, непринятие мер для спуска конденсата	Упуск воды	Внимательное обслуживание котельной установки	Остановка котла
Взрыв экономайзера	Перегрев воды при выключенном из питания экономайзере, или испорченном предохранительном клапане	Разрушение обмуровки экономайзера	Проверка предохранительного клапана и температуры воды в экономайзере	Охлаждение воды до 60—80° ниже температуры кипения воды в котле и заполнение экономайзера водой, перевод газов помимо экономайзера
Взрыв газов в топке или дымоходах	Большая неполнота горения, прекращение распыливания (при жидком и пылевидном топливе)	Разрушение обмуровки топки и дымоходов	Соблюдение режима топочного процесса, проветривание дымоходов перед пуском, наблюдение за работой форсунок	Остановка котла
Появление выпучин	Упуск воды из котла, увеличение слоя накипи на внутренней поверхности нагрева котла	Образование трещин, взрыв котла	Наблюдение за работой топки и состоянием стенок котла, очистка от накипи	То же
Течь и трещины на швах и стенках котла	Неправильное питание холодной водой, охлаждение котла при открывании топочных дверок без прикрытия регистров	Повреждение котла	Правильное питание, недопущение резкого охлаждения топки	»
Срыв люков	Подтягивание люков при работе котла	Несчастные случаи, выпучины, пережоги	Недопущение подтягивания люков при работе котла	»
Золовой износ труб котла	Недопустимо высокие скорости гизов	Повреждение котла	Снижение скорости газов путем изменения перегородок	Защита труб в местах износа манжетами

ние разрежения в топке снижает избыток воздуха и расход электроэнергии на собственные нужды. Повышается надежность работы котла и улучшается качество пара от применения автоматического регулирования питания котла.

Применение автоматического регулирования улучшает условия работы и уменьшает количество обслуживающего персонала.

VIII. РЕМОНТ КОТЛОВ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО КОТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

До начала ремонта должно быть произведено гидравлическое испытание котла (водой с температурой до 30—50°). При заполненном котле не разрешается подчеканивать швы, наносить удары по металлу котла и применять сварку. После спуска воды питательный и спускной трубопроводы заглушаются; до этого находиться внутри барабана запрещается.

Лазы барабанов могут быть вскрыты при температуре в барабане до 40—45° и условии обеспечения вентиляции внутренней полости котла.

Очистка и ремонт барабанов и трубной системы выполняются двумя рабочими (поочередно), один из которых должен находиться вне барабана.

Материалы и изделия, применяемые для ремонта котлов и вспомогательного котельного оборудования, должны удовлетворять требованиям «Правил устройства, установки и эксплуатации водогрейных котлов для нагревания воды до 115° и паровых котлов с давлением не выше 0,7 *ати*», утвержденных Госгортехнадзором РСФСР 2 ноября 1955 г. и «Правил устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов», утвержденных Госгортехнадзором СССР 19 марта 1957 г.

Сварочные и прочие работы по ремонту котлов и вспомогательного котельного оборудования должны выполняться с соблюдением указанных правил.

2. ВЫВОД КОТЛОАГРЕГАТА В РЕМОНТ И ПРОСТОЙ

При остановке на ремонт котел отключается от паропровода после полного прекращения горения в топке. При наличии пароперегревателя производится его продувка в течение 30—50 мин. Пока в котле держится давление, необходимо вести наблюдение за уровнем воды и производить подпитку котла. В течение 4—6 час. после отключения котла топочные дверцы и шибер за котлом должны быть закрыты, а затем их приоткрывают для вентиляции, используя естественную тягу. Одновременно производится продувка котла.

Через 6—10 час. после остановки котла для ускорения остывания можно пустить дымосос и, если потребуется, произвести дополнительную подпитку и продувку котла.

Спускать воду из котла следует медленно при температуре не выше 70—80°. Перед спуском необходимо поднять и заклинить один из

предохранительных клапанов котла или открыть воздушные краники и пробки.

После спуска воды из котла он должен быть отсоединен от других котлов установкой заглушек с видимыми хвостовиками на паровых, питательных и продувочных спускных линиях.

Запрещается оставлять котлоагрегат без надзора до полного снижения давления в нем и отключения электродвигателей.

При выводе котла в длительный простой на срок более 10 суток следует принять меры к защите металла котла от коррозии путем проведения консервации одним из следующих способов:

1) сухим способом с применением влагопоглотителей — хлористого кальция или негашеной извести. Потребное количество хлористого кальция определяется из расчета 1 *кг* на 1 $м^3$ внутреннего объема котла, а извести — 2 *кг*;

2) мокрым способом, заключающимся в заполнении всего внутреннего объема котла щелочным раствором, приготовленным на конденсате или близкой к нему по количеству нейтральных солей питательной воде, с содержанием в растворе: едкого натра 2 *кг*/$м^3$, или тринатрийфосфата 5 *кг*/$м^3$, или кальцинированной соды 10 *кг*/$м^3$. Можно также применять раствор, содержащий едкого натра 1,5 *кг*/$м^3$ и тринатрийфосфата 0,5 *кг*/$м^3$.

При использовании для заполнения консервируемого котла сильно минерализированной, химически очищенной воды дозировка на 1 $м^3$ объема котла должна быть следующая: едкого натра 5—10 *кг*, либо тринатрийфосфата 20 *кг*, либо едкого натра 4—8 *кг* плюс тринатрийфосфата 1—2 *кг*. Применение кальцинированной соды в этом случае не рекомендуется.

При длительных простоях котлоагрегатов целесообразно указанные выше дозировки реагентов увеличивать на 50%.

Реагенты вводятся в котел одновременно с заполнением водой, поэтому рекомендуется хорошее перемешивание путем перекачки раствора из нижних точек в верхний барабан или паросборник котла.

При длительном простое всей котельной в зимнее время и при недостаточном отоплении помещения консервация должна проводиться сухим способом; применение мокрого способа консервации в этих условиях не допускается.

Котлы, останавливаемые на срок менее 10 суток, можно защищать от коррозии методом избыточного давления, при котором на остановленном котле постоянно поддерживается давление выше атмосферного и температура воды соответственно выше 100°, что достигается тремя способами: а) периодическим подогревом котловой воды паром из других котлов; б) периодическим разогревом путем разведения слабого огня в топке; в) периодическим переключением котлов, находящихся в резерве и работе.

Для вспомогательного котельного оборудования также рекомендуется применять сухой и мокрый способы консервации.

Открытые (негерметические) баки следует консервировать мокрым способом с отключением их от трубопроводов заглушками и предварительной очисткой от отложений и протиркой насухо тряпками.

Закрытые баки и деаэраторы целесообразно консервировать сухим способом. Из катионитовых и кварцевых фильтров перед проведением сухой консервации катионит и кварц выгружаются в отдельные закрома или баки (Н-катионитовые фильтры, имеющие противокоррозионные покрытия, в защите от коррозии не нуждаются).

Насосы следует демонтировать и покрывать противокоррозионной смазкой с предварительной очисткой всех деталей.

Трубопроводы должны быть полностью освобождены от воды с продувкой (по возможности) воздухом и отключены от действующих трубопроводов заглушками.

При остановке котельного оборудования на срок более 2—3 месяцев ответственную арматуру рекомендуется демонтировать с постановкой вместо нее заглушек. Снятую арматуру следует очистить, проревизовать, покрыть противокоррозионной смазкой и хранить в отапливаемом сухом помещении.

3. ВНЕШНЯЯ И ВНУТРЕННЯЯ ОЧИСТКА КОТЛОАГРЕГАТА

При внешней очистке топки и котла наряду с применением скребков, резаков, стальных щеток, обдувки сжатым воздухом рекомендуется расшлаковку экранных и кипятильных труб производить с помощью длинных пик из труб диаметром 25—32 *мм*, по которым подается вода под давлением 3—4 *кг/см*^{2}, подведенная гибким шлангом, присоединенным к концу трубы. Другой конец пики снабжен наконечником с отверстием диаметром 4—5 *мм* для выхода воды.

Для внутренней механической очистки котлов применяются для труб специальные раскидные и для барабанов и коллекторов нераскидные головки с шарошками, приводимые в действие электродвигателем посредством гибкого вала, а также сжатым воздухом или водой через резиновый шланг.

Очистка труб шарошками производится с одновременной обмывкой водой. Гибкие валы применяются диаметром не более 0,3 диаметра трубы, длиной 6—10 *м*.

При незначительном налете накипи очистка производится металлическими щетками с обмывкой струей воды. От накипи, затвердевающей после спуска воды, следует очищать не позднее чем через 1—1,5 часа после спуска горячей воды.

Механическая очистка внутренних поверхностей котла облегчается при применении щелочения или фосфатирования котла до его остановки на ремонт.

Трубы с большим количеством изгибов (экраны, змеевиковые экономайзеры) рекомендуется промывать водой или применять фосфатирование, щелочение и промывку слабым раствором соляной кислоты. Последняя может быть применена только при отсутствии трещин и других дефектов в сварных и вальцовочных соединениях и клепаных швах.

Очистка пароперегревателей производится промывкой их конденсатом и химически очищенной водой или же сырой водой в последующей продувкой сжатым воздухом. Отложения нерастворимых солей удаляются химической очисткой 15%-ным раствором тринатрийфосфата с t=90°, поддерживаемой в течение 1,5 суток, с последующей продувкой паром и промывкой водой.

Внутрибарабанные съемные устройства (сепарационные, термического водоумягчения) следует выдерживать в течение 15—20 мин. в 5—10%-ном растворе соляной кислоты, после чего очищать металлической щеткой и промывать водой.

Лючки и затворы коллекторов рекомендуется очищать от прикипевших прокладок до остывания или же после выдерживания в течение 1—2 час. в горячей воде с температурой не ниже 90°.

4. РЕМОНТ БАРАБАНОВ И КОЛЛЕКТОРОВ

Для выявления трещин в барабанах и коллекторах сомнительные места зачищают напильником и наждачной бумагой до металлического блеска и протравливают 14%-ным раствором серной кислоты. Очищенную поверхность смачивают керосином, через 20—25 мин. вытирают насухо и покрывают меловой краской. При простукивании металла с обратной стороны молотком керосин будет выделяться из трещин, образуя контуры их на высохшей меловой окраске.

Глубину трещин определяют пробным сверлением.

Наиболее эффективным является магнитоскопический метод обнаружения трещин, основанный на выявлении магнитного рассеяния около поврежденного места по скоплениям частиц магнитного порошка. При магнитной (порошкообразной) дефектоскопии в исследуемой детали создается магнитное поле электрическим током, проходящим по гибкому кабелю, от специального испытательного трансформатора или обычного сварочного трансформатора с применением в последнем случае специальной дополнительной обмотки поверх его вторичной обмотки. Магнитный порошок равномерно наносится на исследуемую поверхность намагничиваемой детали. На поверхности металла в местах расположения трещин отчетливо выделяются скопления порошка (жилки).

В качестве магнитного порошка применяется порошок магнитной стали, разводимый водой с добавлением олеинового масла, или сухой мелкоразмолотый железный сурик, смешиваемый с керосином до тестообразного состояния и прокаливаемый затем при температуре 650—800°.

Магнитоскопическим методом можно обнаружить не только мельчайшие наружные трещины, но и волосовины, расположенные на 1—3 *мм* ниже поверхности.

При разделке трещины под сварку по концам ее засверливают отверстия диаметром 6—10 *мм*. Разделка кромок трещин производится по чашеобразной форме зубилом или специальным газовым резаком с последующей зачисткой кромок зубилом.

В трубных решетках допускается заварка отдельных трещин в мостиках между двумя смежными отверстиями, а также трещин, расположенных цепочкой через несколько перешейков, если суммарная длина трещин не превышает 10% суммарной длины мостиков в том же направлении. При общей длине трещин, превышающей допустимую длину их, или концентрации трещин на небольшом участке такой участок трубной решетки следует вырезать и вварить новую вставку, на которой затем просверлить или расточить отверстия под трубы.

Заварку трещин следует производить электросваркой. Отверстия, просверленные по концам трещины, заваривают одновременно с заваркой трещины.

Повреждения стенок трубных отверстий: забоины, риски, язвины и тому подобные дефекты глубиной до 1 *мм* устраняются райберовкой отверстия аксиально-лобовой фрезой или разверткой. Язвины глубиной более 1 *мм* рекомендуется заплавлять электросваркой с обработкой в последующем зубилом, абразивным камнем с приводом от машинки и личным напильником. Продольные штрихи от опиловки устраняются шабером. При обработке стенок трубных от-

верстий уменьшение длины мостика между смежными отверстиями допускается не более чем на 5%. Допускаются небольшие дефекты на стенках трубных отверстий: кольцевые риски глубиной не более 0,5 *мм*, забоины глубиной не более 0,5 *мм* и диаметром не более 5 *мм*, а также небольшие забоины и вмятины на кромках отверстий.

Участки барабанов, поврежденные коррозией на глубину 2—3 *мм*, заделывают цементным раствором, смешанным с истолченным до пылевидного состояния и просеянным через густую ткань стеклом в пропорции 1 : 1, с предварительной очисткой мест заделки от загрязнения и ржавчины. Смесь растворяют в воде до состояния жидкого теста и наносят на поврежденные места слоями толщиной 0,5—1 *мм* по мере подсыхания их. Обмазанную поверхность сглаживают и железнят, как обычное цементное покрытие, и оставляют подсыхать более суток. Участки, разъеденные на глубину более 3 *мм*, но не более 50% первоначальной толщины стенки, заплавляют электросваркой; при большей глубине поврежденные места следует вырезать и вваривать новые.

Заклепки с сильно разъеденными головками также должны быть заменены.

За участками с признаками повреждения коррозией на глубину до 10% толщины стенки должно быть установлено наблюдение с производством измерений, снятием оттисков и слепков при каждом осмотре.

Подчеканка швов. Неплотности клепаных швов, расположенных в паровом пространстве, могут быть устранены подчеканкой швов. Подчеканка же швов, расположенных в водном пространстве, допускается лишь при отсутствии признаков хрупких разрушений (трещины в листах и заклепках, отскакивание головок заклепок). При наличии этих признаков клепаные швы следует заменять сварными.

Подчеканка швов производится с внутренней и наружной сторон последовательно двумя чеканами: а) с притупленным концом и б) с закругленным концом. Чеканом с притупленным рабочим концом продавливается овальная канавка по скошенной кромке (фаске) накрывающего листа на высоте $^1/_3$ его толщины, а затем чеканом с закругленным концом нижняя часть кромки (канавки) поджимается к накрытому листу. Кромка накрывающего листа должна быть скошена по отношению к накрытому листу на 70—75°. Подчеканку начинают на расстоянии 150—200 *мм* от места течи слабыми ударами молотка по чекану, усиливая удары по мере приближения к месту течи с доведением их до наибольшей силы на участке течи. Пройдя участок течи, силу удара постепенно ослабляют. После повторной чеканки скос кромки листа надо возобновлять, обрубая всю кромку заново.

Небольшие течи в заклепках также могут быть устранены подчеканкой кромок их головок. В этом случае подчеканку швов начинают с заклепок. Канавок на головках заклепок не делают, а только подбирают материал по окружности головки заклепки.

Дефектные клепаные швы с неплотностями, которые не могут быть устранены подчеканкой или сменой заклепок, следует заменить сварными.

Уплотнительные поверхности лючковых затворов обрабатывают с применением шлифовальной машинки с абразивным камнем или вручную пилами и шабером с проверкой на краску по шаблону. Единичные глубокие повреждения следует заплавлять наваркой с последующей зачисткой зубилом и пилами и окончательной проверкой по шаблону с подшабровкой.

5. РЕМОНТ ТРУБНОЙ СИСТЕМЫ КОТЛА

1) Исправление повреждений, замена дефектных участков и предохранение труб

Отклонение труб по шагу из плоскости общего ряда допускается не более ±10 *мм*.

Вырезка поврежденных участков труб и вварка вставок допустимы только при условии, что оставшийся кусок старой трубы, выходящей из барабана или коллектора, не меньше 100 *мм*.

Стыкуемые концы труб калибруются по внутреннему диаметру (разность наружных диаметров допускается не более 1 *мм*) и разделываются под стыковую сварку со снятием фаски под углом 42—45° с притуплением кромки на 1 *мм* и зачисткой снаружи и изнутри до металлического блеска. Трубы стыкуются с зазором 0,5—1 *мм*, смещение стенок их допускается не более 0,5 *мм* и отклонение от прямой линии — не более 1 *мм* на длине 200 *мм* от стыка. Сцентрированные трубы прихватываются в двух-трех местах; сварка применяется электродуговая и газовая.

Для проверки отсутствия внутри труб наплывов от сварки (грата) и засорения труб применяется контрольный шарик и для прямых труб — просвечивание электролампой.

При удалении завальцованных концов труб из отверстий вальцовочный пояс труб следует прогревать изнутри газовой горелкой до темно-красного цвета и после остывания выбивать концы внутрь пневматическим молотком с выколоткой или кувалдочкой. Можно также перед выбиванием обмять конец трубы при помощи зубила или применять специальное приспособление для удаления развальцованных концов труб.

Для предохранения труб от истирания угольной пылью (при постоянном характере износа) рекомендуется применение привариваемых к трубам защитных кожухов из труб с толщиной стенки не менее 3 *мм* (разрезанных вдоль оси) и накладок из листовой стали толщиной 3 *мм*, а также манжет (на хомутах) из асбестового полотна, смоченного в растворе из смеси огнеупорной глины, мелкопросеянного шамота и жидкого стекла.

Трубы с небольшим местным золовым износом, а также небольшие свищи в них можно наплавлять сваркой.

Вмятины на прямых участках труб выправляются шарами на 1,5—2 *мм* меньше диаметра трубы, которые протаскиваются через трубы с помощью троса или цепи с подогревом вмятого участка трубы газовой горелкой или паяльной лампой.

Гнутые участки труб с вмятинами следует вырезать и вваривать вместо них новые.

Участки труб с отдулинами при увеличении наружного диаметра свыше 5% (труб пароперегревателя — свыше 3,5%) и участки с трещинами на поверхности труб также подлежат замене.

Трубы, имеющие несколько отдулин, расположенных в разных местах, значительные свищи или разрывы, подлежат замене целиком.

Небольшие местные отдулины могут быть выправлены при помощи оправки и ручника с нагревом поврежденного места газовой горел-

кой и наплавкой слоя мягкого металла толщиной 2—3 *мм*. Перед исправлением отдулины поврежденную трубу следует плотно закрыть с обеих сторон пробками во избежание охлаждения.

2) Развальцовка труб

Развальцовка труб состоит: а) в креплении (прихватке) — расширении конца трубы до соприкосновения ее стенки со стенкой трубного отверстия с незначительной развальцовкой трубы для прочного удержания ее в отверстии; б) в развальцовке — дальнейшем расширении конца трубы и некоторой раздаче при этом трубного отверстия для обеспечения плотности и прочности вальцовочного соединения.

Степень развальцовки (расширения) труб должна быть большей с увеличением толщины стенок труб и уменьшением толщины трубных решеток.

При тонкостенных трубах и увеличении толщины трубных решеток требуется меньшая степень развальцовки. Наивыгоднейшая степень развальцовки находится в пределах от 1 до 1,5% по отношению к первоначальному (до развальцовки) диаметру трубного отверстия или после прихватки от $^1/_5$ до $^1/_4$ толщины стенки трубы. Скорость развальцовки рекомендуется 0,2 *мм* за один оборот корпуса вальцовки. Наиболее плотная развальцовка получается в тех случаях, когда зазор трубы в отверстии при установке ее находится в пределах 0,8—1% от наружного диаметра трубы (см. табл. 96). Развальцовка производится одновременно с разбортовкой.

Подготовка концов труб к развальцовке. При отсутствии указаний в сертификате о произведенном отжиге труб на заводе-изготовителе, а также если образцы не выдержат пробы на раздачу и бортовку производится отжиг концов труб на длине 200—250 *мм* до коричнево-красного цвета (600—650°).

Зачистка концов труб до металлического блеска производится на длине около 100 *мм* при помощи приспособлений с абразивными брусками и щетками из кардоленты с электрическим или пневматическим приводом или с применением ерша из кардоленты непосредственно перед установкой труб; также до металлического блеска зачищаются стенки трубных отверстий.

Таблица 96

Предельные величины зазоров между трубой и стенкой трубного отверстия

Номинальный наружный диаметр трубы в *мм*	Возможный диаметр трубы с учетом допусков в *мм*		Возможный диаметр отверстий с учетом допусков в *мм*		Зазор между трубой и стенкой отверстия в *мм*		Зазор между трубой и стенкой отверстия в % от наружного диаметра трубы	
	максимальный	минимальный	максимальный	минимальный	максимальный	минимальный	максимальный	минимальный
38	38,5	37,5	38,9	38,6	1,4	0,1	3,7	0,26
51	51,5	50,5	52	51,7	1,5	0,2	2,9	0,39
83	83,8	82,2	84,4	84	2,2	0,2	2,7	0,24
102	103	101	103,6	103,2	2,6	0,2	2,5	0,2
108	109	107	109,6	109,2	2,6	0,2	2,4	0,19

При установке на место трубы надо прихватить оба ее конца крепежной вальцовкой во избежание попадания в зазор между трубой и стенкой отверстия грязи или постороннего тела.

Предварительное крепление (прихватка) труб перед развальцовкой производится с помощью косой трехроликовой крепежной вальцовки без разбортовочных роликов. Вальцевание начинается при расстоянии между торцом закрепляемой трубы и упором вальцовки в пределах 10—20 *мм* и заканчивается при их соприкосновении.

Для развальцовки и бортовки труб применяются косые трехроликовые крышечные и бескрышечные вальцовки с разбортовочными роликами: с параллельным расположением роликов «вразмет» для труб диаметром 60 *мм* и более и с последовательным расположением роликов «гуськом» для труб меньших диаметров.

Диаметр корпуса вальцовки должен быть на 2—4 *мм* меньше номинального внутреннего диаметра трубы (большие цифры относятся к вальцовкам больших диаметров).

Конус и ролики вальцовки необходимо смазывать техническим вазелином или другой густой смазкой, не допуская попадания ее между трубой и стенкой отверстия. Категорически запрещается смазывание вальцуемых концов труб или стенок отверстий трубной решетки кислотой.

При установке вальцовки риска должна находиться на определенном установочном расстоянии от кромки трубной решетки в соответствии с табл. 97. Развальцовка заканчивается при совпадении риски с кромкой трубной решетки, когда корпус вальцовки пройдет путь, равный установочному расстоянию. При небольшой толщине трубной решетки и значительном установочном расстоянии развальцовка производится в два приема.

Таблица 97

Величина установочного расстояния в *мм*

Толщина стенки (в которую вальцовывается труба) в *мм*	Наружный диаметр трубы в *мм*					
	38	51	60	83	102	108
20	13	17	20	30	34	35
25	11	14	16	27	31	33
30	10	12	14	24	29	31
35	9	11	13	23	28	30
40	9	11	13	22	27	29

Для решеток с фасками в трубных отверстиях установочное расстояние выбирается по толщине решетки, уменьшенной на глубину фаски, т. е. по высоте вальцовочного пояса, и отсчитывается от начала фаски.

Выступающие концы труб (колокольчики) отбортовываются под углом 12—15°; основание их по всей окружности должно совпадать с кромкой отверстия. Длина выступающих концов труб должна быть в пределах, указанных в табл. 98.

При механическом приводе вальцовок число оборотов конуса вальцовки не должно превышать 180—200 об/мин. В качестве привода для косых вальцовок рекомендуется применять тихоходные реверсивные пневматические машинки.

Таблица 98

Длина выступающих концов труб

Наименование труб	Наружный диаметр в *мм*	Длина выступающего конца трубы в *мм*			Примечание
		нормальная	минимальная	максимальная	
Пароперегревательные	38	9	6	12	
Кипятильные и экранные	51—60	11	7	15	Для отверстий с фасками
	76	12	8	16	
	83	12	9	18	
	102—108	15	9	18	
	83	18	15	22	Для отверстий без фасок
	102—108	23	20	27	

В процессе развальцовки труб необходимо тщательно следить за правильностью вальцевания, не допуская перевальцовки, признаками которой являются: значительное уменьшение толщины стенки трубы, отслаивание краски или ржавчины на трубной решетке у кромки отверстия и утолщение последней, чрезмерное расширение завальцованного конца с большим напуском металла трубы на кромки отверстия и отходом основания колокольчика от кромки. Толщина стенки правильно развальцованного конца трубы должна быть в месте бортовки не менее 80% первоначальной (номинальной) толщины стенки трубы.

Неплотность развальцовки может быть устранена подвальцовкой, если толщина отбортованной стенки трубы более 80% начальной толщины. Повторная подвальцовка не допускается. Для подвальцовки следует применять бортовочные вальцовки.

Временная заглушка трубных отверстий производится завальцовкой в них колпачков-заглушек, изготовляемых из обрезков проверенных труб длиной 200—250 *мм*, путем нагрева и подкатки их на оправке с одного конца с придачей ему сферической формы.

Отверстие, остающееся в сферическом конце после его подкатки, заваривается, после чего производится проверка керосином, гидравлическим испытанием, а также проверяется отсутствие трещин.

6. РЕМОНТ ОБМУРОВКИ

Толщина швов кирпичной кладки должна быть: а) в топочных сводах и стенах топки в зоне высоких температур 1—2 *мм*; б) в остальных частях топки 2—3 *мм*; в) в кладке газоходов задней части котла, экономайзера и борова до 4—6 *мм*.

Для уменьшения присосов через обмуровку рекомендуется применять газонепроницаемые обмазки с жидким стеклом и сульфит-целлюлозным экстрактом.

Обмазка приготовляется из 2 частей сухого просеянного песка и 1 части просушенной глины с добавлением жидкого стекла в количестве 10—15% или сухого сульфит-целлюлозного экстракта в количестве 5% от общего веса песка и глины. Жидкое стекло перед употреблением разводится чистой водой. После перемешивания компонентов масса разбавляется необходимым количеством воды. Обмазка наносится вручную

(с применением резиновых перчаток) слоем толщиной 5 *мм* с последующим выравниванием гладилкой или при помощи цемент-пушки (при более жидком растворе). Производится предварительная очистка обмазываемой поверхности от старой обмазки или штукатурки с протиркой кирпичом, заделкой трещин в кладке и постепенной смазкой поверхности слабым раствором жидкого стекла. Обмазка наносится на холодные поверхности.

Исправление повреждений стен топочных камер (выплавление, выкалывание и выгорание кирпича, трещины) производится наложением обмазок или растворов, приготовленных из огнеупорных материалов с добавлением жидкого стекла.

7. РЕМОНТ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО КОТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

1) Ремонт дымососов и вентиляторов

Изношенные лопатки дымососов восстанавливаются наплавкой твердым сплавом с предварительной зачисткой их и заваркой изношенных мест обычными сварочными электродами. Наплавка производится небольшими участками площадью 50—60 *см²* с применением специальных толстых подкладок стальных или медных. Лопатки, подвергающиеся более интенсивному износу, наплавляются слоем толщиной 4—6 *мм* в два приема, а для остальных лопаток толщина слоя снижается до 1—1,5 *мм*. Для наплавки применяются электроды марки Т-590.

При ремонте дымососов и вентиляторов допускаются:	
эллиптичность шеек вала не более	0,05 *мм*
конусность „ „ „ „	0,08 „
аксиальные зазоры между вкладышами и галтелями шейки вала:	
в опорно-упорном подшипнике	0,15—0,2 *мм*
в опорном подшипнике:	
зазор со стороны крыльчатки	10—12 *мм*
„ с противоположной стороны	1,5—2 „
„ между шейкой вала и верхним вкладышем подшипника	0,25 *мм*
предельные радиальные зазоры при диаметре подшипников от 100 до 250 *мм*:	
в опорных подшипниках	0,5—0,8 *мм*
„ упорных „	0,6—0,8 „
зазор между ротором и диффузором при одностороннем всасывании	не менее 10—12 *мм*
радиальное биение крыльчатки	не более 2 *мм*
осевое смещение „	„ „ 2,5 „
вибрация подшипников	не более 0,05—0,07 *мм*
осевой зазор полумуфт	5—6 *мм*
допуск на сухари в гнездах полумуфт	0,2 „
диаметрально противоположные замеры аксиальных и радиальных зазоров полумуфт	до 0,2 „

Броня для защиты кожуха дымососа от износа золой выполняется из стальных листов толщиной 10—12 *мм* или из чугунных плит толщиной 30—40 *мм*.

При смене лопаток во избежание вибрации ротора следует отобрать комплект новых лопаток с весом каждой не менее 94% и не более 106% от среднего веса одной лопатки отобранного комплекта. Отобранные лопатки сортируют на четыре группы по весу и при установке чередуют тяжелые и легкие лопатки, располагая лопатки одинакового веса по противоположным концам одного диаметра.

2) Ремонт бил шахтных мельниц

Ремонт бил производится наплавкой их твердым сплавом (электроды марки Т-620, сталинит, сормайт и др.) слоем толщиной до 30 *мм* в разъемной форме из красной меди или графитовых пластин с медленным охлаждением по окончании наплавки в подогретом песке или горячей печи.

3) Ремонт воздухоподогревателей

Испытание воздухоподогревателя на воздушную плотность производится после очистки его при работающем дутьевом вентиляторе и закрытых люках и лазах воздушной стороны воздухоподогревателя. Неплотности обнаруживаются по отклонению пламени факела или по белому меловому налету при подмешивании в струю всасываемого воздуха мелкоразмолотого мела (меловой муки).

Места присосов у воздухоподогревателя с газовой стороны выявляют при работающем дымососе и выключенном дутьевом вентиляторе с помощью факела, пламя которого втягивается в места неплотностей.

Для защиты от истирания участков труб воздухоподогревателя со стороны входа газов рекомендуется применять специальные, легко сменяемые предохранительные насадки с набивкой на трубную доску слоя торкрета.

Изношенные концы труб со стороны входа газов отрезают внутренним труборезом и удаляют. В конец оставшейся части трубы вставляют соединительный патрубок-ниппель на сурике и надвигают на него отрезок трубы, устанавливаемый взамен изношенного. Верхний конец этого отрезка трубы завальцовывают или заваривают в трубную доску.

При смене изношенных труб их перерезают газовым резаком около средней трубной доски. Концы труб, приваренные к трубным доскам, освобождают путем сплавления сварного шва газовой горелкой или резаком. Трубные отверстия зачищают от сварочных наплывов райбером с механическим приводом или вручную при помощи специальной оправки с вогнутым рабочим концом.

Трубы взамен снятых устанавливают из двух отрезков, различных по длине (на 200—300 *мм*). Для стыковки их применяют центровочный хомутик, разрезное кольцо или ниппель. Сварку стыков производят до закрепления концов труб в трубных досках.

8. РЕМОНТ ТРУБОПРОВОДОВ

Трещины и свищи в трубах устраняются заваркой с предварительной разделкой завариваемых мест.

Единичные дефекты на зеркалах фланцев (раковины, забоины и др.) глубиной 1—5 *мм* устраняются наплавкой при помощи электросварки с предварительной расчисткой дефектных мест. После заварки производится зачистка, а затем шлифовка поверхности зеркала. Дефекты глубиной от 0,05 до 0,5 *мм* выводят абразивным диском и глубиной менее 0,05 *мм* — притиркой с применением микропорошка марки М20 и чистого машинного или турбинного масла.

Перекосы во фланцевых соединениях выправляют путем нагрева одной из соединяемых труб до цвета светло-красного каления (свыше 750°) и стягивания при этом фланцев болтами без прокладок. Трубу нагревают со стороны, в которую необходимо подогнуть фланец; размер нагреваемого участка по длине должен быть равен трехкратному диаметру трубы и по ширине — не более половины диаметра трубы.

По окончании ремонта трубопровод должен быть промыт до полного осветления.

9. ПРОВЕРКА КАЧЕСТВА РЕМОНТА И ПРИЕМКА КОТЛОАГРЕГАТА

Качество ремонта котлоагрегата проверяется в процессе пооперационного контроля и приемки отдельных узлов. По окончании ремонта производится предварительная приемка котлоагрегата и после ввода его в эксплуатацию — окончательная приемка под нагрузкой. Котлоагрегат считается принятым в эксплуатацию, если в течение 24 час. после включения его в магистраль не будет выявлено никаких ненормальностей в работе агрегата. В случае же обнаружения дефектов, требующих останова котлоагрегата, его можно будет считать принятым из ремонта по устранении дефектов и последующей нормальной работы под нагрузкой в течение 24 час.

Окончательная оценка качества ремонта дается по истечении месяца работы отремонтированного агрегата под нагрузкой.

10. ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫЙ РЕМОНТ

Планово-предупредительный ремонт теплотехнического оборудования промышленных предприятий следует проводить в соответствии с временными руководящими указаниями, утвержденными Государственной инспекцией по промышленной энергетике и энергонадзору Министерства электростанций СССР 9 июля 1954 г. (Госэнергоиздат, 1955 г.).

Система планово-предупредительного ремонта теплотехнического оборудования предусматривает межремонтное обслуживание, текущий, средний и капитальный ремонты.

К межремонтному обслуживанию оборудования относятся: смазка, обтирка, чистка, выявление всех неисправностей наружным осмотром, проверкой нагрева отдельных частей оборудования и т. д., а также исправление мелких дефектов, крепление деталей и подтяжка креплений.

При текущем ремонте производятся замена быстроизнашивающихся деталей, исправление малых дефектов, промывка и чистка масляных и охлаждающих систем, крепление отдельных деталей.

В объем среднего ремонта входят: частичная разборка оборудования, разборка отдельных узлов, ремонт или замена изношенных деталей, измерение и определение состояния деталей и узлов, опробование оборудования или отдельных его узлов.

При капитальном ремонте производятся полная разборка оборудования, замена отдельных деталей и узлов, исправление всех дефектов, испытание и опробование. Капитальным ремонтом должно быть обеспечено восстановление первоначальной технической характеристики оборудования. При проведении капитального ремонта следует установить возможность модернизации оборудования.

Приведенные в настоящей главе указания и рекомендации по ремонту котлов и вспомогательного котельного оборудования более широко освещены во «Временных руководящих указаниях по эксплуатации котельных установок промышленных предприятий», утвержденных Государственной инспекцией по промэнергетике и энергонадзору б. МЭС СССР 23 марта 1957 г., (Госстройиздат 1958) и в других руководящих указаниях, а также в труде Лачинова Н. В. «Ремонт котельных агрегатов» (Госэнергоиздат, 1956) и других работах.

Таблица 99

Периодичность ремонта теплотехнического оборудования

Наименование оборудования	Периодичность ремонтов в месяцах		
	текущий	средний	капитальный
Котлы паровые и водогрейные	3	12	24
Воздухоподогреватели	3	12	24
Водяные экономайзеры	3	12	48—72
Шахтные мельницы	3	12	24
Оборудование топливоподачи и золоудаления	3	12	36
Насосы центробежные	3	6	48
» поршневые	3	12	48
Подогреватели и теплообменники	3	12	36
Отопительные агрегаты и нагревательные приборы	6	12	96
Компрессоры	3	12	72
Вентиляторы	6	12	24
Калориферы	6	12	60
Воздуховоды	6	12	60
Трубопроводы стальные внутренние	6	24	192
То же, наружные (в непроходных каналах и проложенные в земле)	6	12	144
Оборудование химводоочистки	3	12	24

Таблица 100

Номенклатура ремонтных работ по видам ремонта

Наименование оборудования и его элементов	Ремонт		
	текущий	средний	капитальный
Топки с ручными колосниковыми решетками	Очистка топки от топлива, шлака и наплывов; осмотр топки; осмотр и проверка действия механизмов и приводов; очистка газоходов от золы и сажи; выполнение мелкого ремонта	Смена до 25% колосников и балок; смена отдельных частей топочной гарнитуры; замена отдельных механизмов, поворачивающихся колосников, шиберов и приводов, шлаковых затворов; выполнение также всех операций текущего ремонта	Полная переборка и смена более 25% колосников и балок; смена комплектов топочной гарнитуры, деталей механизмов, поворачивающихся колосников и приводов затворов и шиберов; очистка футеровки и сводов от наплывов и ремонт футеровки
Топки для жидкого и газообразного топлива	Разборка, осмотр и чистка 50% головок форсунок; осмотр регулировочных устройств подачи пара или воздуха и топочной гарнитуры в доступных снаружи местах	Смена изношеных деталей и отдельных форсунок, болтов и креплений; смена изношенных деталей регулировочных устройств; смена и ремонт деталей топочной гарнитуры	Переборка, осмотр, проверка и чистка регулировочных устройств и трубопроводов; комплектная смена регулировочных устройств и форсуночных дверок; внутренний осмотр и ремонт топочной гарнитуры; очистка футеровки и сводов от наплывов и ремонт футеровки
Поверхности нагрева котлов и экранов	Очистка наружной поверхности труб; осмотр поверхностей нагрева и мест вальцовки труб в барабаны и коллекторы без вскрытия люков и лазов	Выполнение всех операций текущего ремонта и, кроме того, полный осмотр и проверка кипятильных труб с остановкой котла, спуском воды и вскрытием люков; очистка кипятильных труб от сажи и накипи и промывка труб; заварка свищей и правка отдулин в трубах; подваль-	Остановка котла со спуском воды, вскрытием люков и лазов, промывкой и осмотром труб; смена более 25% изношенных кипятильных или экранных труб; вскрытие и очистка коллекторов с заменой люков; смена секционных коробок и коллекторов; смена отдельных газовых перегородок

Продолжение табл. 100

Наименование оборудования и его элементов	Ремонт		
	текущий	средний	капитальный
Поверхности нагрева котлов и экранов	Очистка наружной поверхности труб; осмотр поверхностей нагрева и мест вальцовки труб в барабаны и коллекторы без вскрытия люков и лазов	цовка и смена отдельных труб; вскрытие и очистка коллекторов; установка креплений для внешних экранных труб; устранение неплотностей в газовых перегородках	Остановка котла со спуском воды, вскрытием люков и лазов, промывкой и осмотром труб; смена более 25% изношенных кипятильных или экранных труб; вскрытие и очистка коллекторов с заменой люков; смена секционных коробок и коллекторов; смена отдельных газовых перегородок
Барабаны, пароосборники, коллекторы	Наружная проверка швов, кромок, штуцеров, днищ, лазов; мелкий ремонт изоляции	Осмотр и очистка внутренней поверхности барабанов и пароосборников со спуском воды, вскрытием люков и лазов; осмотр, очистка и ремонт сепарирующих и питательных устройств; смена отдельных заклепок и подчеканка швов; смена, уплотнение и пригонка отдельных люков; смена отдельных подвесок и болтов; смена отдельных участков изоляции	Осмотр и очистка внутренней поверхности барабанов и пароосборников со спуском воды, вскрытием люков и лазов; смена сепарирующих и питательных устройств, отдельных заклепок, более 25% люков коллекторов и отдельных элементов каркаса; подчеканка швов

РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ

ЛОКОМОБИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

I. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ТИПЫ ЛОКОМОБИЛЕЙ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Локомобильная передвижная или стационарная паросиловая установка состоит из парового котла, паровой машины и вспомогательных устройств, представляющих собой конструктивно единый агрегат.

Локомобили различных марок и мощностей применяются в строительстве в качестве двигателей передвижных и стационарных электростанций, а также для привода отдельных механизмов лесопильных рам, камнедробилок и др.

Кроме того, они используются для выработки тепловой энергии (отбор пара для сушилок, бетонных заводов и др.).

Таблица 1

Локомобили (общие сведения)

Тип локомобиля и марка	Тип электрогенератора, комплектующего локомобиль	Номинальная мощность		Допустимая длительная мощность в *квт*	Расход условного топлива на *квт-ч* в *кг*
		локомобиля в *л. с.*	генератора в *квт*		
Передвижные марок:					
П-38	СГ-35/6	38	28	26,5	2,14
П-75	СГ-60/6	75	45,6	45,6	2,06
Стационарные конденсационные марок:					
СК-125	С-116-8	125	84	84	1,27
СК-250	С-250-750	250	200	175	1,12
СК-350	С-340-600	350	272	244	1,115
Стационарные теплофикационные марок:		При противодавлении:		При противодавлении:	
СТ-100	С-116-8	0,2 *ати*—100; 3,5 *ати*—68	84	0,2 *ати*—70; 3,5 *ати*—47,5	1,85—2 2,7—2,9
СТ-125	С-116-8	0,2 *ати*—125; 3,5 *ати*—85	84	0,2 *ати*—84; 3,5 *ати*—60	1,8—1,9 2,6—2,8

2. ПЕРЕДВИЖНЫЕ ЛОКОМОБИЛИ

Передвижные локомобили П-25, П-38 и П-75 работают с перегревом пара на выхлоп, но могут работать с противодавлением до 0,5 *ати*.

На этих локомобилях установлена одноцилиндровая паровая машина двойного действия с золотниковым парораспределением и плоским осевым регулятором скорости. Паровая машина снабжена одним маховиком. Паровой котел паровозного типа с внутренней топкой и дымогарными трубами имеет пароперегреватель, оборудован плунжерным питательным насосом и всасывающим инжектором № 5.

На рис. 1 показан продольный разрез локомобиля П-75.

Таблица 2

Техническая характеристика передвижных локомобилей

Показатели	Единица измерения	Тип локомобиля		
		П-25**	П-38	П-75
Мощность номинальная	*э. л. с.**	25	38	75
„ максимально-кратковременная	„	30	46	90
Число оборотов вала	об/мин	300	375	280
Рабочее давление пара в котле	*ати*	13	15	12
Температура рабочего пара	град.	260—380	320—360	280—330
Расход на 1 *э. л. с.* при номинальной мощности:				
угля при $Q_н^р$ = 7 000 *ккал/кг*	*кг/час*	2	1,5	1,44
дров „ $Q_н^р$ = 3 500 „	„	3,8	2,6	2,9
соломы „ $Q_н^р$ = 3 500 „	„	4—4,5	—	—
пара	„	9—11	8—9	8,5—9
цилиндрового масла	„	0,06	0,1	0,1
машинного „	„	0,08	0,15	0,25
Расход питательной воды на установку	„	300	400	750
Диаметр цилиндра	*мм*	140	140	210
Ход поршня	„	230	230	340
Диаметр маховика	„	800	1 000	1 600
Ширина обода „	„	180	180	250
Поверхность нагрева котла	$м^2$	8,35	10,15	21,7
Длина котла	*мм*	2 684	2 684	2 865
Диаметр дымогарных труб	„	70×3	51×2,5	51×2,5
Длина дымогарных труб (для заказа)	„	1 830	1 827	2 010
Количество дымогарных труб	шт.	15	28	60
Поверхность нагрева пароперегревателя	$м^2$	3,47	5,1	10
Диаметр труб пароперегревателя	*мм*	25×2,5	25×2,5	25×2,5
Объем топочного пространства (топка внутренняя)	$м^3$	0,394	0,416	0,77
Площадь колосниковой решетки	$м^2$	0,53	0,53	0,88
Диаметр дымовой трубы	*мм*	268	268	368
Высота трубы над колосниковой решеткой	„	4 260	4 260	6 630
Производительность питательного насоса	*кг/час*	800	800	1 300
Инжектор (всасывающий тип)	„	№ 5	№ 5	№ 5
Габаритные размеры локомобиля:				
длина	*мм*	4 560	4 150	4 735
ширина	„	1 560	1 560	1 976
высота (откидной трубы)	„	2 520	2 530	3 191
Вес локомобиля	*кг*	3 600	3 500	7 000

* *Э. л. с.* здесь и далее эффективная *л. с.*

** Локомобили П-25 в настоящее время не выпускаются.

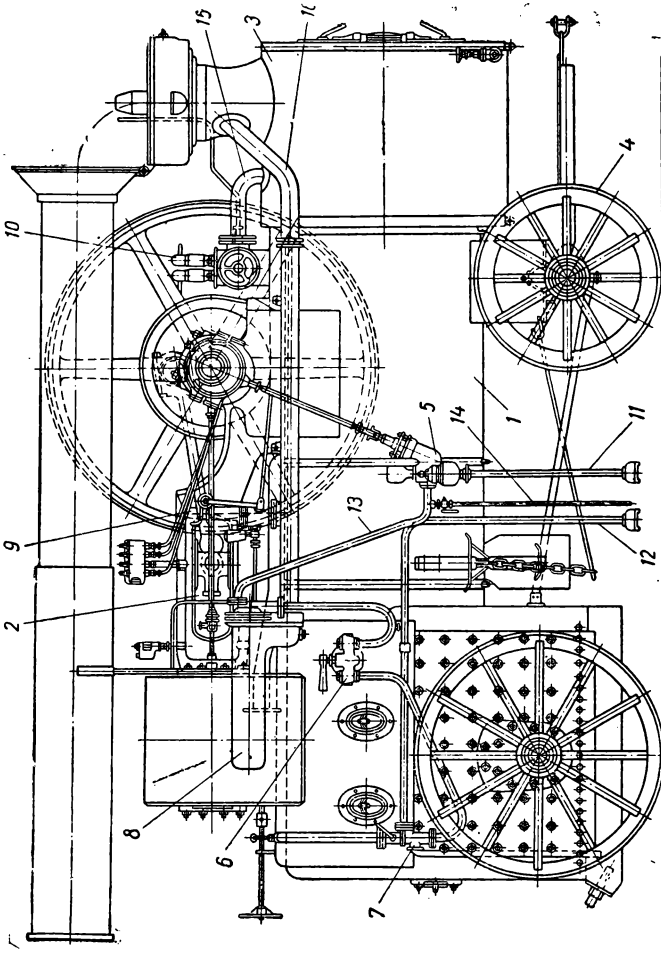


Рис. 1. Продольный разрез локомобиля П-75

1 — паровой котел; *2* — паровая машина; *3* — дымовая камера с пароперегревателем; *4* — колесный ход; *5* — плунжерный насос; *6* — питательная коробка; *7* — инжектор; *8* — водоподогреватель; *9* — маслопресс; *10* — предохранительные клапаны; *11* — всасывающая труба насоса; *12* — всасывающая труба инжектора; *13* — нагнетательные трубы; *14* — перепускная труба; *15* — трубопровод насыщенного пара; *16*—трубопровод мятого пара

3. СТАЦИОНАРНЫЕ КОНДЕНСАЦИОННЫЕ ЛОКОМОБИЛИ

Стационарные локомобили СК-125, СК-250 и СК-350 предназначены в основном для выработки электрической энергии.

Локомобили СК работают на перегретом паре с подогревом питательной воды и с конденсацией отработанного пара в смешивающих конденсаторах.

При ограниченных запасах проточной воды для конденсации пара локомобильные установки оборудуются градирнями или брызгальными бассейнами, где охлаждается циркуляционная вода с целью повторного использования ее.

Локомобили этой марки имеют горизонтальную, двухцилиндровую, двойного расширения конденсационную паровую машину с золотниковым парораспределением.

Цилиндрический поршневой золотник ЦВД имеет привод от эксцентрика, связанного с регулятором числа оборотов вала; золотник ЦНД приводится в движение от эксцентрика, закрепленного на валу машины. На машине установлены два маховика. Паровой котел — цилиндрический с выдвижной трубной системой, состоящей из жаровой и дымогарных труб. Пароперегреватель — трубчатый. На рис. 2 показан стационарный локомобиль типа СК, а на рис. 3 — продольный разрез его парового котла.

Таблица 3

Техническая характеристика стационарных конденсационных локомобилей

Показатели	Единица измерения	Тип локомобиля		
		СК-125	СК-250	СК-350
Мощность номинальная	*э. л. с.*	125	250	350
„ максимально-кратковременная	„	150	300	420
Число оборотов вала	об/мин	280	187	187
Рабочее давление пара в котле	*ати*	15	15	15
Паропроизводительность	*кг/час*	700	1 400	1 840
Температура рабочего пара	град.	320—380	320—350	320—360
Расход на 1 *э. л. с.* при номинальной мощности:				
условного топлива	*кг/час*	0,85	0,85	0,8
пара	„	5,5	5,5	5,25
масла „вапор" или цилиндрового № 6	„	0,15	0,3	0,35
„ машинного С или СУ	„	0,27	0,6	0,65
Расход воды для конденсации пара	„	20 000	42 000	55 000
Габаритные размеры:				
длина	*мм*	7 965	6 953	9 300
ширина	„	3 780	5 376	5 860
высота	„	3 150	3 565	3 935
Вес (с внутренней топкой)	*кг*	16 300	30 000	41 500
Диаметры:				
ЦВД	*мм*	190	280	340
ЦНД	„	370	560	640
Ход поршня	„	360	470	520

Продолжение табл. 3

Показатели	Единица измерения	Тип локомобиля		
		СК-125	СК-250	СК-350
Маховики				
левый диаметр/ширина обода	*мм*	1 700/320	2 470/480	2 700/600
Вес	*кг*	810	2 562	3 482
правый диаметр/ширина обода	„	1 700/230	2 225/330	2 400/450
Вес	„	779	2 095	2 772
Вес паровой машины (без маховиков)	„	3 830	10 160	10 780
Поверхность нагрева котла	*м²*	22,9	49,2	71,3
Внутренний диаметр барабана котла	*мм*	1 287	1 564	1 722
Толщина стенки „ „	„	11—13	13—15	14—16
Длина котла	„	4 145	4 868	5 374
Диаметр дымогарных нормальных труб	„	60×3	60×3	60×3
Длина „ „ „	„	2 073	2 740	2 680
Количество „ „ „	шт.	34	61	83
„ „ анкерных „	„	23	35	54
Вес котла	*кг*	4 500	7 290	9 990
Поверхность нагрева пароперегревателя	*м²*	23,6	46,6	66,5
Диаметр труб пароперегревателя	*мм*	32×2,5	32×2,5	32×2,5
Длина дымовой металлической трубы	*м*	34	34	34
Диаметр внутренний „ „	*мм*	520	720	780
Дутьевой вентилятор (к топкам для сжигания бурого угля, торфа и антрацита):				
тип вентилятора	—	ЭВР-3	ЭВР-4	ЭВР-4
тип электродвигателя	—	А-42-6	А-51-4	А-51-4
мощность „	*квт*	1,7	4,5	4,5
Производительность плунжерного питательного насоса	*кг/час*	1 360	2 800	3 680
Производительность всасывающего инжектора № 5	„	2 000	2 000	2 000
Поверхность нагрева водоподогревателя	*м²*	0,77	1,28	2,15
Длина тканевого прорезиненного ремня	*м*	15,7	23	23,7
Ширина „ „ „	*мм*	300	450	550

4. СТАЦИОНАРНЫЕ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫЕ ЛОКОМОБИЛИ

Локомобили СТ (стационарные теплофикационные) работают на перегретом паре с противодавлением 0,2 и 3,5 *ати*. Локомобиль оборудован горизонтальной, одноцилиндровой, двойного действия паровой машиной с золотниковым пораспределением. Цилиндрический поршневой золотник имеет привод от эксцентрика регулятора.

Паровой котел — цилиндрический с выдвижной трубной системой, состоящей из жаровой и дымогарных труб.

На рис. 4 показан теплофикационный локомобиль СТ-125.

Таблица 4

Техническая характеристика стационарных теплофикационных локомобилей

Показатели	Единица измерения	Тип локомобиля	
		СТ-100	СТ-125
Мощность при работе с противодавлением 0,2 *ати*:			
номинальная	*э. л. с.*	100	125
максимально-кратковременная	»	120	150
Мощность при работе с противодавлением 3,5 *ати*:			
номинальная	»	68	85
максимально-кратковременная	»	81,5	102
Число оборотов вала	об/мин	320	280
Рабочее давление пара в котле	*ати*	16	15
Паропроизводительность	*кг/час*	850	1 000
Температура рабочего пара	град.	320—350	320—350
Количество отработавшего пара, используемое в дальнейшем для технологических целей	*кг/час*	До 800	До 1 000
Расход условного топлива на 1 *э. л. с.*:			
при работе с противодавлением 0,2 *ати*	»	1,3—1,4	1,2—1,3
при работе с противодавлением 3,5 *ати*	»	1,9—2,1	1,8—2
Расход пара на 1 *э. л. с.*:			
при работе с противодавлением 0,2 *ати*	»	7,4—7,6	7,3—7,5
при работе с противодавлением 3,5 *ати*	»	12,5—13	12—12,5
Расход масла при номинальной мощности на 1 *э. л. с.*:			
„вапор" или цилиндрового № 6	»	0,15	0,15
машинного С и СУ	»	0,3	0,3
Габаритные размеры:			
длина	*мм*	6 555	7 325
ширина	»	2 450	6 680
высота	»	2 570	3 140
Вес с внутренней топкой	*кг*	13 000	15 270
Диаметр маховика	*мм*	1 500	1 700
Ширина обода	»	280	320
Поверхность нагрева котла	*м²*	26,5	30,85
Внутренний диаметр барабана	*мм*	1 291	1 285
Толщина стенки барабана котла	»	11	11—13
Диаметр дымогарных нормальных труб	»	51×2,5	60×3
Длина » » »	»	2 098	2 320
Количество » » »	шт.	41	38
» » анкерных »	»	30	31
Поверхность нагрева пароперегревателя	*м²*	24,5	30,5
Длина дымовой металлической трубы	*м*	35	34
Внутренний диаметр дымовой металлической трубы	*мм*	400	780
Дутьевой вентилятор (для бурого угля и торфа):	—	ЭВР-3	ЭВР-3
тип электродвигателя	—	А-42-6	А-42-6
мощность электродвигателя	*квт*	1,7	1,7
Поверхность нагрева трубчатого водоподогревателя	*м²*	0,57	0,57
То же, пароводяного теплообменника	»	3,75	3,75
Производительность	*м³/час*	15,9	
Температура воды на выходе	град.	85	90
Регулятор для добавки острого пара в теплофикационную сеть	шт.	1	1
Регулятор противодавления отработанного пара	»	1	1
Предел регулируемого противодавления	*ати*	0,3—3,5	0,3—3,5

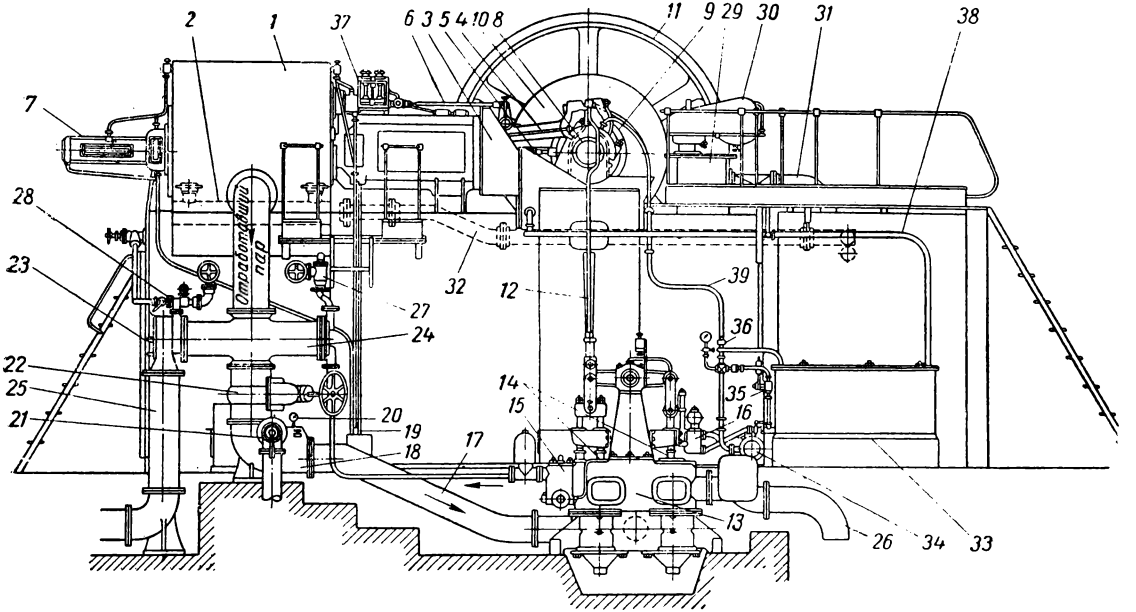


Рис. 2. Стационарный локомобиль СК

1—цилиндровый блок; *2* — подвод перегретого пара к цилиндру высокого давления; *3*—параллель с вальной подставкой; *4*—шатун; *5* — эксцентриковая тяга; *6* — золотниковая тяга; *7* — параллели для контрштока; *8* — коренной вал; *9* — подшипники коренного вала; *10* — осевой регулятор числа оборотов; *11* —маховик; *12*—эксцентриковая тяга мокровоздушного насоса; *13*—мокровоздушный насос; *14* — скалки поршней насоса; *15* — питательный насос; *16* — масляный насос; *17* — сливная труба к мокровоздушному насосу; *18* — конденсатор; *19* — воздушный клапан конденсатора; *20* — вакуумметр; *21* — впрыскивающий кран; *22* — запорный вентиль конденсатора; *23* — шпиндель самозапорного клапана; *24* — водоподогреватель; *25* — пароотводящая труба в атмосферу; *26* — сливная труба от мокровоздушного насоса; *27* — питательная коробка; *28* — инжектор; *29* — сухопарник; *30* — предохранительные клапаны; *31* — труба насыщенного пара; *32* — труба перегретого пара; *33* — маслоочиститель и маслосборник; *34* — маслоохладитель; *35* — вспомогательный ручной масляный насос; *36*—клапан регулировки давления масла; *37* — пресс для подачи цилиндрового масла; *38* — обратный сливной маслопровод; *39* — напорный маслопровод.

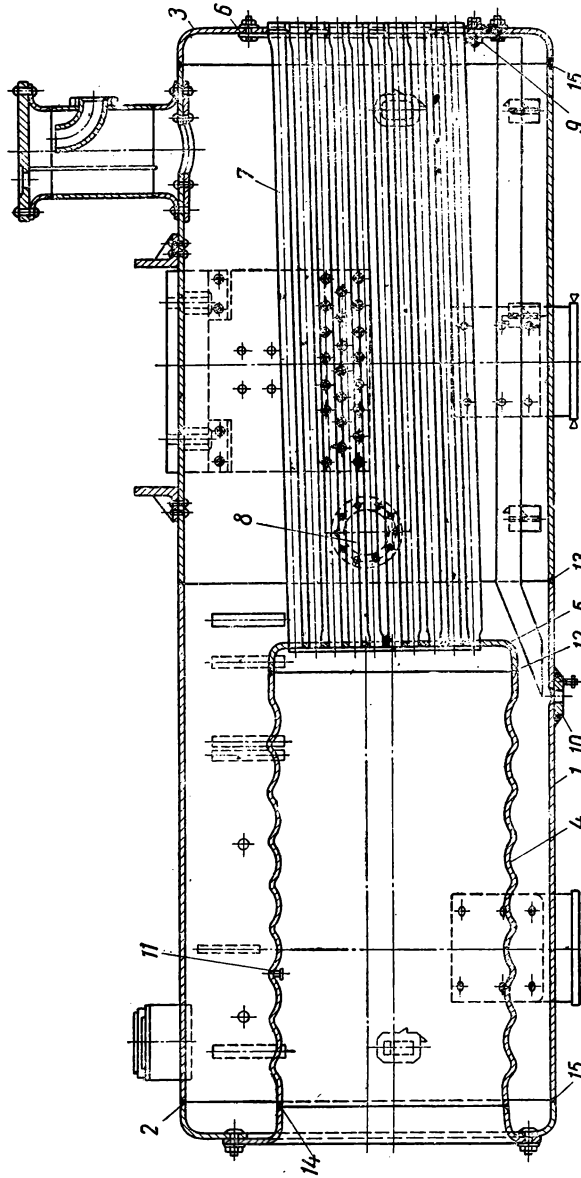
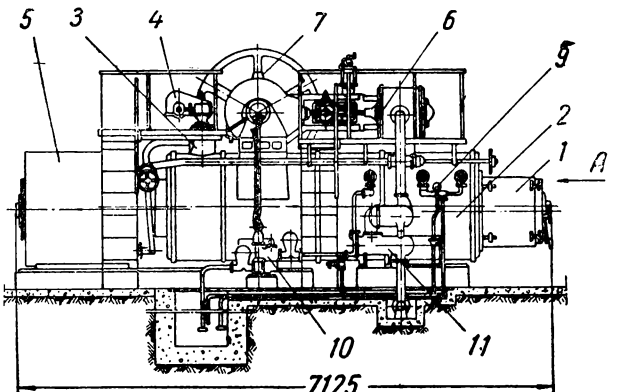


Рис. 3. Продольный разрез парового котла локомобиля СК

1 — цилиндрическая часть котла; *2* — переднее днище котла; *3* — заднее днище котла; *4* — волнистая топка котла; *5* — трубчатое днище топки; *6* — задняя трубная решетка; *7* — дымогарные трубы; *8* — смотровой люк; *9* — люк задней трубной решетки; *10* — отверстие под спускной вентиль; *11* — легкоплавкая пробка; *12* — шов трубной решетки волнистой топки; *13* — поперечный шов барабана; *14* — шов воротника волнистой топки; *15* — шов переднего и заднего днищ котла



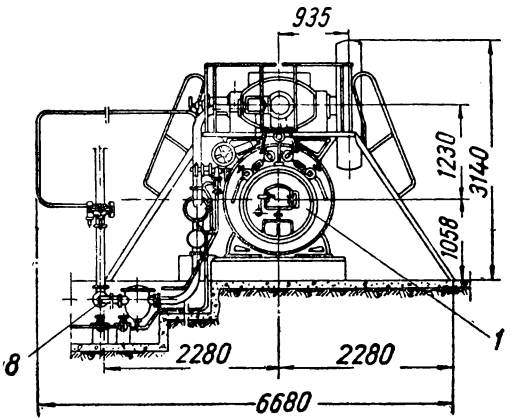


Рис. 4. Общий вид локомобиля СТ-125

1— топка; *2* — паровой котел; *3* — сухопарник с паросушителем; *4* — предохранительный клапан котла; *5* — дымовая камера с пароперегревателем; *6* — паровая машина; *7* — маховик; *8* — система отбора пара; *9* — инжектор; *10* — питательный насос; *11*—водоподогреватель

5. ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРЫ, ПОСТАВЛЯЕМЫЕ С ЛОКОМОБИЛЯМИ

Таблица 5

Характеристика электрогенераторов, комплектующих локомобили

Показатели	Единица измерения	Тип локомобиля				
		П-33	П-75	СК-125	СК-250	СК-350
Тип генератора синхронный переменного тока, 50 пер/сек						
марка	—	СГ-35,6	СГ-60/6	С-116-8	С-250-750	С-310-600
исполнение		Защищенное Щ-2				
Мощность	*квт*	23	45,6	84	200	272
„	*ква*	35	57	105	250	340
Напряжение	*в*	400/230	400/230	400/230	400	400
Сила тока статора	*а*	50,5/88	87/150,5	152/263	362	491
Число оборотов	об/мин	1 000	1 000	750	750	600
К. п. д. при номинальной мощности	%	88	88	90,5	91,6	92,3
Диаметр шкива для плоскоременной передачи	*мм*	360	360	630	600	800
Ширина обода	„	250	250	350	460	600
Габаритные размеры:						
длина	„	1 062	1 182	1 882	3 075	2 974
ширина	„	600	600	930	2 000	2 000
высота	„	620	620	860	1 100	1 250
Вес	*кг*	500	600	1 100	3 300	4 000

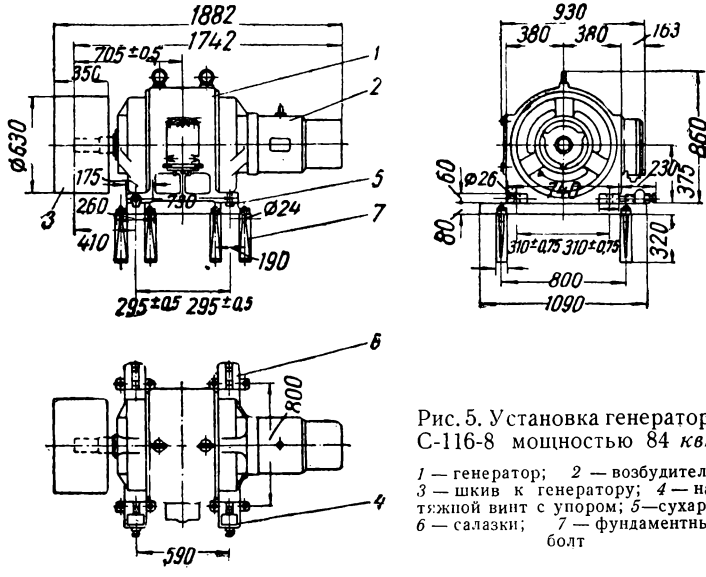


Рис. 5. Установка генератора С-116-8 мощностью 84 *квт*

1 — генератор; *2* — возбудитель; *3* — шкив к генератору; *4* — натяжной винт с упором; *5*—сухарь; *6* — салазки; *7* — фундаментный болт

II. ТОПОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА ЛОКОМОБИЛЕЙ

В качестве топлива для локомобилей используются угли различных марок, торф, дрова, мазут, природный и искусственный газ, а также опилки, солома, отдубина и другие отходы.

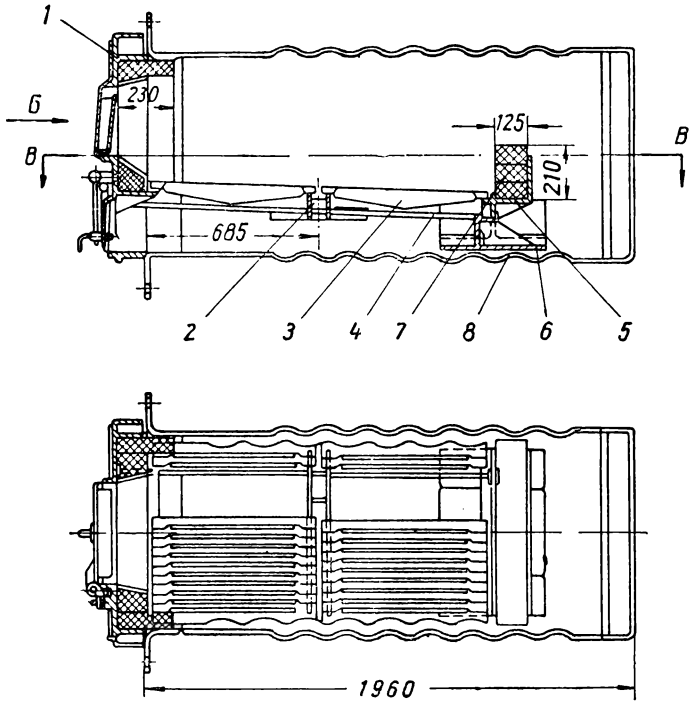


Рис. 6. Внутренняя топка локомобиля СК-125

1 — рама топки; *2* — балка подколосниковая; *3* — колосниковая решетка; *4* — штанга соединительная; *5* — порог; *6* — заслонка зольная; *7* — кирпич огнеупорный; *8* — жаровая труба

Выбор топочного устройства для каждой конструкции локомобиля зависит от вида сжигаемого топлива. Внутренние топки, расположенные внутри жаровой трубы или топки котлов паровозного типа, могут применяться только при высококалорийном малозольном топливе — каменных углях высокого качества, антрацитах, а также при жидком и газообразом топливе. При сжигании низкосортного топлива с большой влажностью и зольностью топку необходимо делать выносной. Обычно выносные топки локомобилей делаются откатными для получения возможности выдвижения трубной системы для чистки и ремонта.

На рис. 6 показана внутренняя топка локомобиля СК-125 для сжигания высококалорийных каменных углей, а на рис. 7 — внутренняя мазутная топка с ручным насосом для подачи мазута.

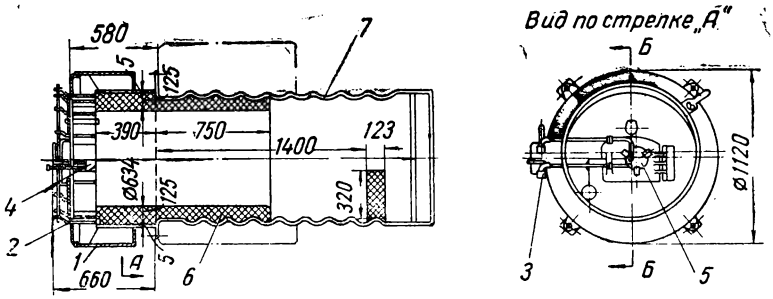


Рис. 7. Приставная топка для сжигания мазута локомобиля СК

1 — корпус выносного предтопка; *2* — воздушный регистр; *3* — кран; *4* — форсунка; *5* — заглушка; *6* — кирпич огнеупорный; *7* — жаровая труба

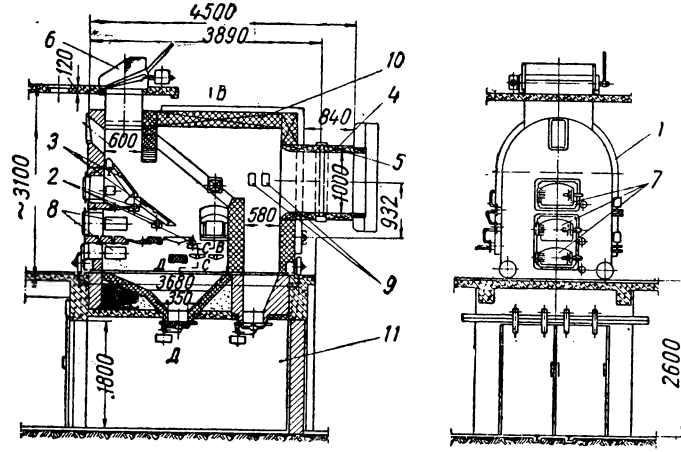


Рис. 8. Шахтная откатная топка для сжигания торфа локомобиля СК-350

1 — корпус топки; *2* — охлаждаемые трубчатые подколосниковые балки; *3* — колосниковая решетка; *4* — барабан горловины; *5* — пояс горловины; *6* — загрузочный бункер; *7* — дверцы для очистки подколосникового пространства; *8* — фурмы для подвода холодного воздуха; *9* — фурмы для подвода подогретого воздуха; *10* — кирпич огнеупорный; *11* — зольное помещение

На рис. 8 показана шахтная откатная топка локомобиля СК-350 для сжигания торфа с подвальным помещением для удаления золы; на рис. 9 — откатная топка локомобиля СК-250 для сжигания дров.

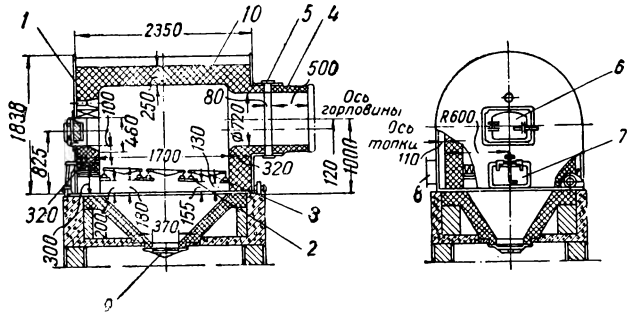


Рис. 9. Откатная топка локомобиля СК-250 для сжигания дров

1 — корпус топки; *2* — балка подколосниковая; *3* — колосниковая решетка; *4* — барабан горловины; *5* — пояс горловины; *6* — загрузочные дверцы; *7* — дверцы для очистки подколосникового пространства; *8* — задвижка; *9* — шлаковый затвор; *10* — кирпич огнеупорный

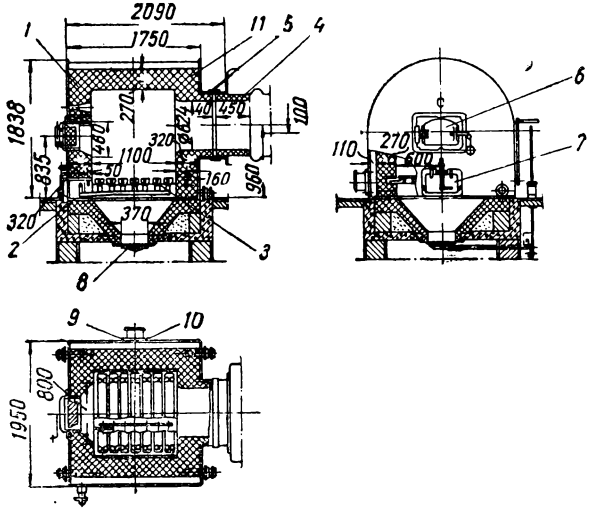


Рис. 10. Откатная топка локомобиля СТ-125 для сжигания бурого угля

1 — корпус топки; *2* — опорная коробка; *3* — колосниковая решетка; *4* — барабан горловины; *5* — пояс горловины; *6* — загрузочные дверцы; *7* — дверцы для очистки подколосникового пространства; *8* — шлаковый затвор; *9* — задвижка; *10* — рама задвижки; *11* — кирпич огнеупорный

На рис. 10 показана откатная топка локомобиля СТ-125 для сжигания бурого угля.

III. ТЕПЛОВЫЕ СХЕМЫ ЛОКОМОБИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Тепловая принципиальная схема локомобильной установки зависит от назначения локомобиля, т. е. устанавливается ли он только в

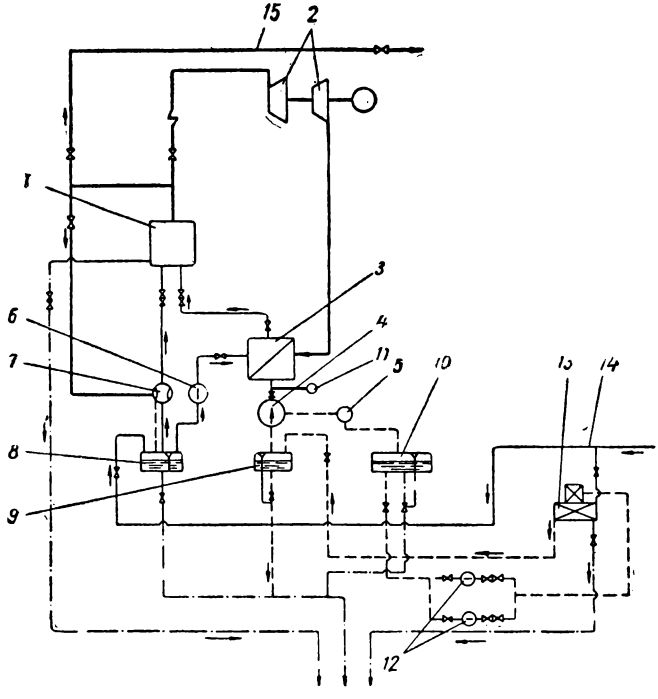


Рис. 11. Тепловая схема локомобиля СК

1 — котел; *2*— паровая машина; *3* — подогреватель питательной воды; *4* — конденсатор; *5* — мокровоздушный насос; *6* — плунжерный питательный насос; *7* — инжектор; *8* — бак питательной воды; *9* — бак охлаждающей воды; *10* — бак горячей воды (сливной); *11* — выхлоп; *12* — циркуляционные насосы; *13* — градирня; *14* — подвод воды из водопровода; *15* — служебный паропровод

качестве первичного двигателя для выработки механической энергии или для комбинированной выработки механической и тепловой энергии.

На рис. 11 показана тепловая схема локомобиля СК, предназначенного только для выработки механической энергии.

Отработанный пар частично используется в поверхностном подогревателе, где питательная вода подогревается паром, идущим в конденсатор.

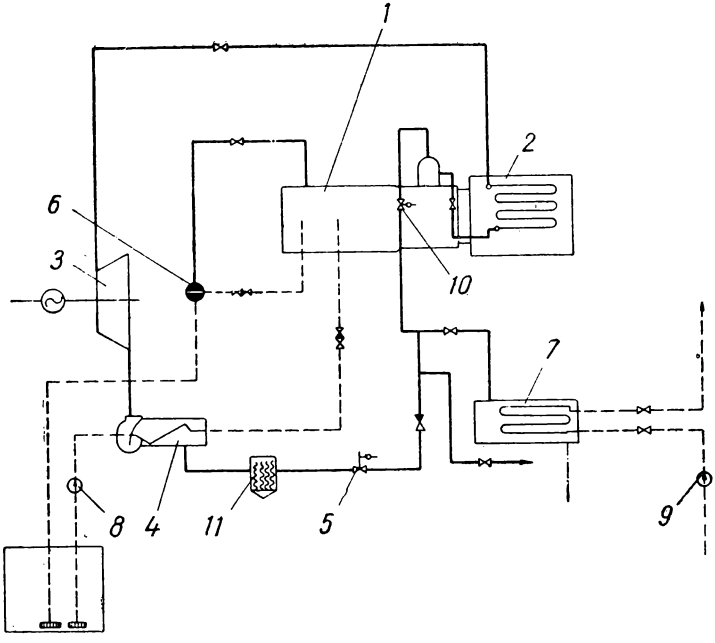


Рис. 12. Тепловая схема электростанции с локомобилем СТ

1 — котел; *2* — пароперегреватель; *3* — паровая машина; *4* — водоподогреватель; *5* — регулятор противодавления; *6* — инжектор; *7* — теплообменник; *8* — питательный насос; *9* — сетевой насос; *10* — редукционный клапан; *11* — второй маслоотделитель

Питание котла производится водой из питательного бака при помощи плунжерного насоса. Инжектор служит резервом и питает котел помимо подогревателя. Циркуляционная вода поступает из бака в конденсатор. Смесь охлаждающей воды и конденсата подается плунжерным насосом в сливной бак горячей воды, откуда вода направляется центробежным насосом в градирню; обратно в бак охлажденной воды она поступает самотеком.

Пар на служебные нужды (отопление, дутье и т. п.) поступает по вспомогательному паропроводу, присоединенному к основному паропроводу, идущему из котла.

На рис. 12 приведена тепловая схема электростанции с теплофикационными локомобилями для выработки комбинированной энергии — электрической и тепловой в виде отработанного пара давлением до 3,5 *ати*.

IV. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЛОКОМОБИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

1. ВОДОСНАБЖЕНИЕ

Полный расход воды на локомобильных электростанциях составляется из следующих слагаемых:

1) питание паровых котлов — расход равен паропроизводительности котлов и величине продувки; отработанный и отборный пар локомобилей загрязнен маслом, вследствие чего возврат конденсата в систему питания котлов возможен только после очистки его от масла как при смешивающих, так и при поверхностных конденсаторах;

2) конденсация пара — при оборотном водоснабжении (градирни) вода требуется для восполнения потерь на испарение, утечку и продувку; в смешивающих конденсаторах охлаждающая вода смешивается с конденсатом; при прямоточном водоснабжении потребность воды на конденсацию пара равна 35—40-кратному количеству пара, проходящего через конденсатор;

3) собственные нужды водоочистки — расход на промывку фильтров, приготовление реагентов и т. п.;

4) заливка золы и шлаков;

5) охлаждение подшипников дымососов;

6) хозяйственные нужды — душевые, питьевое водоснабжение и т. д.

2. ДРЕНАЖНЫЕ И СПУСКНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ

На локомобильных электростанциях в схеме трубопроводов должны быть предусмотрены следующие спуски технических вод:

от продувки котлов в продувочный колодец;

» промывки котлов;

спуск воды из котлов, баков, трубопроводов и др. при опорожнении их;

спуск воды из аппаратов водоочистки;

» воды из градирни при продувке и промывке.

Схемы трубопроводов показаны на рис. 11 и 12. Источниками водоснабжения локомобильных электростанций могут служить реки, озера, пруды, артезианские колодцы и пр.

3. ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПАРОВЫХ КОТЛОВ ЛОКОМОБИЛЕЙ

Питание котлов должно производиться очищенным от масла конденсатом или водой, получаемой из химводоочистки.

При отсутствии химводоочистки допускается внутрикотловая обработка воды (см. раздел «Котельные установки»).

Удаление шлама, образующегося в котлах при внутрикотловой обработке воды, обеспечивается продувкой котлов.

4. СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

При эксплуатации локомобильных установок для смазки цилиндров и золотников паровой машины, соприкасающихся с паром, применяются цилиндровые масла; для подшипников и холодных частей паровой машины — машинные масла.

Характеристика смазочных материалов приведена в первом разделе.

5. ПИТАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

На каждом паровом котле локомобиля должны быть установлены два питательных прибора, работающих независимо один от другого — поршневой насос и инжектор.

При работе инжектора могут иметь место следующие неполадки:

1) вследствие пропуска пара через паровой вентиль или обратный питательный клапан корпус инжектора сильно нагревается и в нагнетательной камере не создается разрежения; в этом случае следует охладить корпус инжектора тряпкой, смоченной в холодной воде, или льдом;

2) при высокой температуре питательной воды (выше 40°) после смешения ее с паром в смесительной камере вода закипает; требуется разбавить питательную воду холодной водой;

3) из-за засорения всасывающей трубки или вентиля на ней и покрытия накипью конусов и обратного клапана вода из инжектора выливается через вестовой клапан; требуется устранить засорение и удалить накипь;

4) вследствие недостаточного открытия парового вентиля вода в нагнетательной камере не приобретает необходимой скорости; требуется открыть вентиль для достаточного пропуска пара;

5) при впуске через паровой вентиль слишком большого количества пара он не успевает сконденсироваться, разрежение в инжекторе снижается и из вестовой трубы идет пар; требуется отрегулировать вентилем впуск пара.

6. ВЫНУЖДЕННАЯ ОСТАНОВКА КОТЛА

Вынужденная остановка котла с выгребанием или засыпкой песком горящего топлива производится в следующих случаях:

1) при отсутствии воды в водоуказательном стекле и в нижнем пробном кранике; при этом прекращают питание котла водой, спускают пар через предохранительный клапан, не прекращая работы паровой машины;

2) при появлении на поверхностях нагрева топки выпучин и трещин, при обрывах связей, накаливании стенки топки докрасна, повреждении дымогарных и пароперегревательных труб, в этих случаях выпускают пар через предохранительный клапан, не прекращая работы паровой машины;

3) при порче обоих питательных приборов паровую машину останавливают, но пар из котла не выпускают;

4) при повышении давления пара в котле и переходе стрелки манометра за красную черту, несмотря на выпуск пара предохранительными клапанами и энергичное питание котла водой;

5) при порче обоих предохранительных клапанов и повышении давления пара выше разрешенного работу паровой машины прекращают до снижения давления до нормального;

6) при возникновении пожара, угрожающего котлу, пар спускают через предохранительные клапаны.

7. ВЫНУЖДЕННАЯ ОСТАНОВКА ПАРОВОЙ МАШИНЫ

Вынужденная остановка паровой машины производится в следующих случаях:

1) при нагревании подшипников и движущихся частей машины в тех случаях, когда нагревание не прекращается при подаче усиленной смазки с графитом;

2) при сильных стуках в подшипниках или шатунно-кривошипном механизме, могущих вызвать повреждение вкладышей и ослабление шатунных болтов;

3) при стуке в цилиндрах;

4) при водяных ударах, заедании золотника и нарушении правильности парораспределения, повреждении регулятора или его привода.

8. ОЧИСТКА КОТЛА ЛОКОМОБИЛЯ

Промывку котла при питании его жесткой водой производят через 10—15 суток работы, при мягкой прозрачной воде — через 20—30 суток работы.

Очистку поверхностей нагрева котла от накипи производят через каждые 60—90 суток работы в зависимости от качества питательной воды и интенсивности накипеобразования.

Выемку и очистку дымогарных труб производят один раз в год.

Очистка котла от накипи может производиться путем выщелачивания его раствором соды или тринатрийфосфата (1 *кг* тринатрийфосфата или соды на 60 *л* воды в котле) с обязательной последующей промывкой котла чистой водой.

9. ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНАЯ ЛЕГКОПЛАВКАЯ ПРОБКА

На случай упуска воды из котла в потолке топки котла устанавливается предохранительная легкоплавкая пробка; она имеет отверстие, заложенное вставкой и залитое легкоплавким сплавом. При упуске воды из котла пробка перегревается и сплав выплавляется. В результате вода и пар проникают в топку, гасят горящее топливо и сигнализируют об опасности.

Корпус и вставку пробки изготавливают из бронзы (ГОСТ 613-50) или из латуни (ГОСТ 1019-47). Плоскость корпуса пробки заливают легкоплавким сплавом состава: свинца марки С2 или С3 (ГОСТ 3778-56) — 90% и олова (ГОСТ 860-41) — 10%. Температура плавления сплава должна быть не выше 310 и не ниже 240°.

Наружную часть пробки, выходящую в сторону, омываемую водой, а также вставку пробки перед заливкой зачищают и в нагретом состоянии (примерно до 200°) покрывают полудой (припоем) марки ПОС-30 (ГОСТ 1499-54). Допускается также лужение пробки легкоплавким сплавом, употребляемым для ее заливки.

V. ПРИМЕРЫ КОМПОНОВОК ЛОКОМОБИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

На рис. 13 представлена схема типовой компоновки локомобильных электростанций.

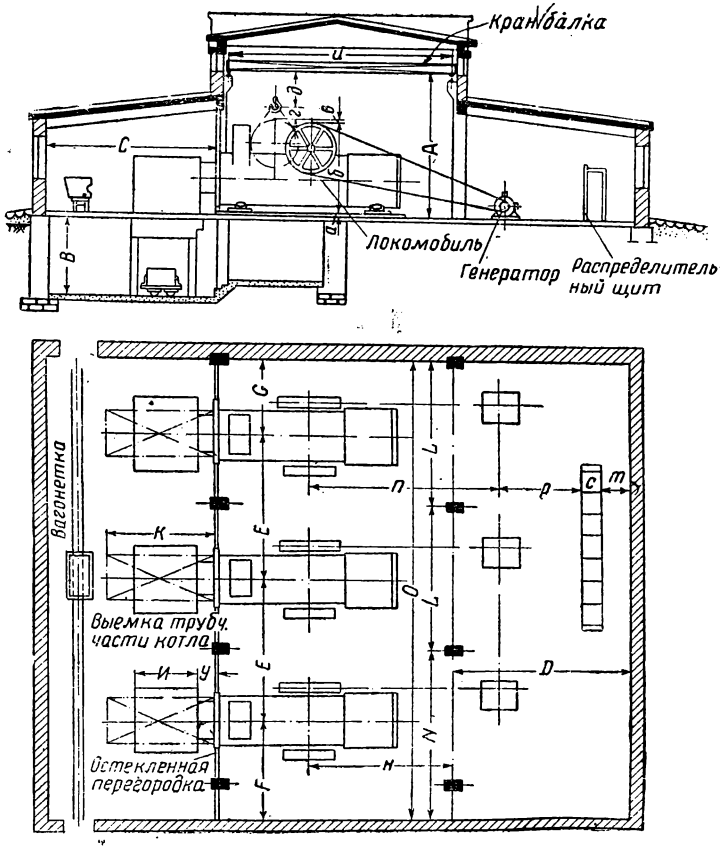


Рис. 13. Схема типовой компоновки локомобильных электростанций

Таблица 6

Основные размеры в *мм* компоновки типовых локомобильных электростанций (с топками для бурого угля)

Марка локомобиля	СК-125	СК-250	СК-350
Мощность локомобиля в *э. л. с.*	3×125	3×250	3×350
Напряжение генератора в *кв*	0,4/0,23	0,4/0,23	6,3
Размеры:			
а	246	294	245
б	2 838	3 570	3 925
в	814	350	450
г	500	503	480
д	620	980	1 000
и	2 582	3 117	3 177
к	3 950	4 868	5 182
н	4 682	5 684	6 279
п	5 780	7 350	7 730
р	2 712	3 000	2 919
с	800	800	5 360
т	2 200	2 244	1 530
у	500	550	720
А	5 018	5 520	6 100
В	3 250	3 250	3 250
С	6 160	6 910	7 010
D	6 810	7 710	11 260
Е	5 000	6 000	7 000
F	4 110	4 810	6 010
G	2 700	3 150	4 450
L	5 000	6 000	7 000
N	6 810	7 960	7 000+3 460
V	8 000	9 000	10 000
О	16 810	19 960	24 460
Отметка подкранового пути	+4 850	+5 520	+6 100

РАЗДЕЛ ПЯТЫЙ

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

I. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВА И ТЕПЛА

1. НОРМЫ РАСХОДА ТОПЛИВА НА ВЫПУСК ПРОДУКЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БАЗЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ[1]

В табл. 1 приведены средние за год нормы расхода условного (7 000-калорийного) топлива в килограммах на единицу продукции в

Таблица 1

Среднегодовые нормы расхода условного топлива в *кг*

Наименование продукции	Единица измерения	Для районов Урала и Сибири	Для южных районов	Для районов средней полосы
Производство красного кирпича	тыс. шт.	В среднем по всем районам—251		
В том числе:				
с обжигом в кольцевых печах и естественной сушкой	»	146	142	144
то же, с искусственной сушкой	»	266	256	262
с обжигом в напольных печах и естественной сушкой	»	360	350	352
Производство извести	*т*	В среднем 182		
В том числе:				
с обжигом в шахтных печах		165	160	162
» » » напольных		265	255	258
Производство шлакоблоков	тыс. шт. усл. кирп.	57	55—53	55
Производство силикатного кирпича	тыс. шт.	93	91	92
» гипса	*т*	54	49	51
» гипсовых изделий с сушкой	*м*³	32	30	30
Производство местных вяжущих (помольные установки)	*т*	32	30	31
Приготовление бетона и раствора в зимнее время	*м*³	7,2	6	6,5
Сушка пиломатериалов	»	76	67	71
Производство железобетонных конструкций и изделий:		В среднем по всем районам		
на заводах производительностью 15—40 тыс. *м*³ в год:				
в летнее время	»	56*		
» зимнее »	»	70*		
на полигонах:				
в летнее время	»	56*		
» зимнее »	»	140*		
Производство асфальта	*т*	11		

* Указанные расходы условного топлива соответствуют следующим расходам пара:

56 *кг* условного топлива — 400 *кг* пара
70 » » » — 500 » »
140 » » » —1 000 » »

Примечание. В нормы удельных расходов топлива включены расходы на отопление и вентиляцию соответствующих производственных помещений, внутризаводской — цеховой и межцеховой — транспорт, а также потери в теплосетях.

[1] По данным б. Министерства строительства предприятий металлургической и химической промышленности СССР.

зависимости от района расположения предприятия. Для холодного времени года (октябрь—март) среднегодовые нормы следует увеличивать на 2—10% в зависимости от характера производства и климатических условий, для теплого времени года (апрель—сентябрь) — снижать на такой же процент.

2. НОРМЫ РАСХОДА ТОПЛИВА НА ВЫРАБОТКУ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Таблица 2

Нормы расхода условного топлива на 1 тыс. *квт-ч*

Виды электростанций	Единица измерения	Удельный расход условного топлива в *кг*
Стационарные паротурбинные электростанции с агрегатами малой мощности (500—1 500 *квт*)	тыс. *квт-ч*	950
Энергопоезда Брянского завода мощностью 4 000 *квт*	„	900
Энергопоезда паротурбинные других типов (меньшей мощности)	„	1 190
Локомобильные электростанции без конденсации	„	1 860
То же, с конденсацией	„	1 330
Электростанции малой мощности (30–100 *квт*) с двигателями внутреннего сгорания	„	520

3. НОРМЫ РАСХОДА ТОПЛИВА НА ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫЕ НУЖДЫ И ОТОПЛЕНИЕ ЗДАНИЙ[1]

Расход условного топлива на хозяйственные и бытовые нужды строительства

Таблица 3

Нормы расхода условного топлива в *кг*

Наименование статей расхода топлива	Единица измерения	Нормы расхода в *кг* условного топлива
Приготовление пищи, кипятка и горячей воды		
Столовые при пропускной способности в день: от 100 до 1 000 обедов	На 1 обед в год, включая мытье посуды (или на 1 человека в год)	105—80
„ 1 000 до 6 000 „	То же	75—67

Примечание. Для приготовления завтраков или ужинов в столовых норма расхода топлива устанавливается в размере 50% от нормы для приготовления обедов.

Приготовление кипятка для чая и кипяченой воды в столовых, учреждениях и школах	На 1 000 *л*	27
Приготовление горячей воды для хозяйственных нужд	„ 1 человека в год	10
Выпечка черного хлеба в небольших пекарнях	То же	10
	На 1 *т* хлеба	220

[1] Применительно к нормам, утвержденным Госпланом СССР (Госпланиздат, 1946).

Продолжение табл. 3

Наименование статей расхода топлива	Единица измерения	Нормы расхода топлива в *кг* условного топлива
Санитарно-гигиенические и прочие нужды		
Бани		
При годовом посещении бань 48 раз средняя норма расхода топлива составит	На 1 человека в год	60
Примечание. В зимнее время нормы расхода топлива на 1 помывку за счет отопления и вентиляции могут быть увеличены на 0,2 *кг*.		
Стирка, сушка и глаженье белья:		
в механизированных прачечных с искусственной сушкой белья	На 1 *т* белья	750
в ручных прачечных с искусственной сушкой белья	То же	500
При расходе сухого чистого белья 100 *кг* на 1 человека в год нормы расхода топлива на стирку белья составят:		
при стирке в механизированных прачечных	На 1 человека в год	75
при стирке в ручных прачечных с сушилкой	То же	50
Примечание. В зимнее время нормы расхода топлива на 1 *т* белья за счет отопления и вентиляции могут быть увеличены на 80 *кг*.		
Дезинфекция белья и одежды в пароформалиновых камерах	На 1 *т* белья и одежды	66
	На 1 человека в год	22

Расход топлива на отопление зданий

Расход топлива на отопление зданий за определенное время (отопительный период, месяц и т. д.) исчисляется по следующей формуле:

$$B = Vb_c n (t_в - t_{н.с}),$$

где B — расход условного (7 000 *ккал/кг*) топлива в *кг*;

V — кубатура отапливаемого здания по наружному обмеру (подсчитывается путем умножения занимаемой зданием площади, включая стены, на высоту от уровня земли до карниза с прибавлением 60% кубатуры отапливаемого подвала) в тыс. $м^3$;

b_c — удельный суточный расход условного топлива в *кг* на 1 тыс. $м^3$ здания по наружному обмеру и на 1° разности температуры воздуха внутри здания и средней температуры наружного воздуха (табл. 4);

n — число дней отопительного периода (со среднесуточной температурой +4,5° и ниже; начало и конец отопительного периода устанавливаются планирующими органами для каждого района или пункта);

$t_{н.с}$ — средняя температура наружного воздуха за отопительный период (по климатологическим данным местных управлений гидрометеорологической службы);

$t_в$ — расчетная преобладающая температура внутри здания (следует принимать для средних условий 18°).

Таблица 4

Нормы удельных расходов условного топлива на отопление зданий на 1 день (сутки) отопительного периода и на 1° разности температуры воздуха внутри помещения и средней температуры наружного воздуха в *кг* на 1 000 *м*³

Климатические районы	Кубатура здания в *м*³						
	500—1 000	1 000—2 000	2 000—5 000	5 000—10 000	10 000—15 000	15 000—25 000	более 25 000
Район с расчетной температурой для систем отопления ниже —30°	2,15	1,7	1,5	1,3	1,2	1,1	1
То же, от —20 до —30°	2,35	1,9	1,7	1,45	1,3	1,2	1,1
То же, выше —20°	2,7	2,15	1,9	1,65	1,5	1,4	1,3

Приведенные нормы являются общими для всех видов центрального и печного отопления.

Нормы не учитывают расхода тепла на принудительную вентиляцию.

Для каменных зданий, отапливаемых первый сезон, допускается увеличение норм (в %) в зависимости от времени заселения зданий:

для зданий, заселенных в течение мая — июля . . . . . до 12
" " " " " июля—августа . . . . . " 20
" " " " " сентября . . . . . " 25
" " " " " отопительного периода . . . . " 35

Для зданий облегченного (барачного) типа и значительной площади застекленности (более 20% общей площади стен) допускается увеличение норм расхода топлива на 15%.

Таблица 5

Продолжительность и средние температуры отопительного периода и расчетные температуры наружного воздуха (для отдельных городов в различных районах страны)

Наименование городов	Отопительный период		Количество дней отопительного периода с температурой ниже +4,5°	Средние температуры отопительного периода в град.	Расчетная температура для проектирования отопления в град.
	начало	конец			
Москва	13/X	19/IV	189	—5,3	—26
Ленинград	18/X	23/IV	188	—3,7	—24
Свердловск	1/X	26/IV	208	—8,3	—31
Новосибирск	4/X	1/V	210	—10,6	—39
Иркутск	28/IX	2/V	217	—11,2	—36
Якутск	18/IX	13/V	238	—23,1	—53
Киев	29/X	5/IV	159	—2,8	—20
Минск	21/X	13/IV	175	—3	—20
Тбилиси	4/XII	28/II	87	+1,7	—11
Ташкент	3/XII	28/II	88	+1	—13
Алма-Ата	27/X	30/III	155	—4,2	—22
Акмолинск	2/X	24/IV	205	—10,3	—33

Для примерных соображений в табл. 5 приведены сведения по продолжительности отопительного периода, средним и расчетным температурам наружного воздуха для 12 крупных городов, расположенных в различных районах страны.

Расход тепла на нужды строительных площадок

Расход тепла на обогрев тепляков ориентировочно можно принимать равным 1 *ккал/час* на 1 $м^3$ тепляка при разности температур внутренней и наружной 1°. Расчетная температура в тепляке берется в зависимости от технологических требований, но не выше 10°. Если в тепляке производится оттаивание материалов, то расход тепла исчисляется с учетом дополнительной затраты тепла на оттаивание материалов.

Расход тепла на оттаивание 1 $м^3$ грунта (мерзлоты) ориентировочно можно принимать: а) при оттаивании паровыми иглами — 52 000 *ккал*; б) при оттаивании циркуляционными водяными иглами — 12 000 *ккал*.

Расход тепла на подогрев 1 $м^3$ мерзлых (содержащих лед) песка, гравия, щебня и шлака определяется по формуле

$$Q = \left(\gamma - \frac{P}{100} 1{,}000\right) C\,(t_к - t_н) + \frac{P}{100}\,1\,000\,(-0{,}5t_н + 80 + t_к)\ ккал,$$

где γ — объемный вес материала в $кг/м^3$;

P — процент объемной влажности;

C — удельная теплоемкость материала в *ккал/кг град*; для песка, гравия и щебня C=0,2 *ккал/кг град*, для шлака C= =0,18 *ккал/кг град*;

$t_н$ — начальная температура материала в град.;

$t_к$ — конечная температура материала в град.

В приведенной формуле учтен расход тепла на оттаивание льда.

Таблица 6

Средний расход тепла на подогрев воды и заполнителей для получения 1 $м^3$ бетонной смеси и раствора в *ккал*

Начальная температура песка, шлака, гравия и щебня в град.	Объемная влажность в %	Заданная температура смеси в град.							
		+10		+20		+30		+40	
		бетонной смеси	раствора	бетонной смеси	раствора	бетонной смеси	раствора	бетонной смеси	раствора
	2,5	9 500	8 750	15 600	15 350	21 700	21 950	27 800	28 500
—5	5	11 670	9 100	17 730	15 700	23 880	22 300	29 980	28 900
	10	16 050	9 750	22 150	16 350	28 250	22 950	34 350	29 550
	2,5	11 650	10 500	17 750	17 000	23 850	23 700	29 950	30 300
—10	5	13 900	10 900	20 000	17 500	26 100	24 100	32 900	30 700
	10	18 400	11 650	24 500	18 250	30 600	24 850	36 700	31 450
	2,5	13 810	12 150	19 910	18 750	26 010	25 350	32 110	31 950
—15	5	16 135	12 650	22 230	19 250	28 300	25 850	34 130	32 450
	10	20 750	13 550	26 850	30 150	32 950	26 750	39 050	33 350

Примечание. Для получения полного количества тепла с учетом его потерь при подогреве, транспортировании и загрузке в мешалку данные настоящей таблицы умножаются на коэффициент 1,2.

II. ТЕПЛОВЫЕ СЕТИ И ИХ ЭКСПЛУАТАЦИЯ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ПО УСТРОЙСТВУ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Устройство, изготовление, монтаж, содержание и освидетельствование стационарных трубопроводов, а также трубопроводов передвижных электростанций, транспортирующих водяной пар с давлением выше 2 *ата* или горячую воду с температурой выше 120°, осуществляются в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды», утвержденными Госгортехнадзором СССР 1 февраля 1957 г. Трубопроводы делятся на четыре категории (табл. 7).

Таблица 7

Классификация трубопроводов

Категория трубопровода	Трубопроводы перегретого пара		Категория трубопровода	Трубопроводы горячей воды и насыщенного пара	
	давление в *ати*	температура в град.		давление в *ати*	температура в град.
1-а	Независимо	610—660	1-г	Выше 184	Выше 120
1-б	„	570—610	2-б	80—184	„ 120
1-в	„	450—570	3-б	16—80	„ 120
2-а	До 39	350—450	4	1—16	120—250
3-а	„ 22	250—350			
4	1—16	120—250			

«Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды» не распространяются на трубопроводы: временные со сроком службы до 1 года; категории 1 с наружным диаметром менее 51 *мм* и прочих категорий с наружным диаметром менее 76 *мм*, а также на расположенные в пределах парового котла (до задвижки на котле); сливные, продувочные и выхлопные; проложенные на паровозах, в железнодорожных вагонах, на морских и речных судах и других плавучих сооружениях.

Правилами предусмотрено применение труб для изготовления трубопроводов в зависимости от их рабочих параметров в соответствии с табл. 8.

Технические данные о трубах приведены в разделе втором.

Соединение частей трубопроводов должно производиться сваркой; фланцевые соединения применяются в местах установки фланцевой арматуры.

Сварные колена, отводы и тому подобные детали разрешается применять для трубопроводов категорий 2-а, 3 и 4, диаметром более 400 *мм* и в исключительных случаях (при отсутствии технической возможности применения гнутых деталей) для трубопроводов меньших диаметров (для П-образных компенсаторов без ограничения диаметров). Сварные крестовины, развилки и другие фасонные части допускаются на трубопроводах категорий 3 и 4; вварка штуцеров на прямых участках трубопроводов и применение сварных тройников с отношением наружных диаметров трубы и штуцера или ответвления до 1 разрешается для трубопроводов всех категорий, кроме 1-а и 1-б.

Таблица 8

Характеристика труб, применяемых для трубопроводов

Давление среды: условное $p_у$, рабочее $p_{раб}$ в *кг/см²*	Температура среды в град. не выше	Вид труб	ГОСТ или ТУ на изготовление труб	Марка стали
$p_у \leqslant 10$	200	Водо-газопроводные обыкновенные	ГОСТ 3 262-55	Ст. 2; Ст. 3
$p_у \leqslant 16$	200	Водо-газопроводные усиленные	ГОСТ 3 262-55	10; 20
$p_у \leqslant 16$	300	Электросварные мягкие	ГОСТ 1 753-53	Ст. 2; Ст. 3
		То же	ГОСТ 1 753-53	10; 20
		Со спиральным сварным швом	ГОСТ 8 696-58	Ст. 2; Ст. 3; Ст. 4; 10; 15; 20
$p_у \leqslant 25$	320	Сварные	ГОСТ 4 015-58 ТУ	МСт. 2; МСт. 3 14 ХГС; МК
$p_{раб} \leqslant 22$ *пар перегретый* $p_{раб} \leqslant 60$ *пар насыщенный, горячая вода* $p_{раб} \leqslant 80$	300	Бесшовные	ГОСТ 8 731-58 ГОСТ 8 732-58 ГОСТ 8 733-58 ГОСТ 8 734-58	Ст. 2; Ст. 4; Ст. 5; 10; 20
	450			
	независимо			

К производству работ по сварке трубопроводов допускаются сварщики, выдержавшие испытания в соответствии с «Правилами испытания электросварщиков и газосварщиков», утвержденными Госгортехнадзором СССР 27 июня 1955 г.

Работы по изготовлению, монтажу и сварке трубопроводов, а также контроль сварных соединений должны производиться в соответствии с «Техническими условиями на производство и приемку работ по устройству наружных трубопроводов», утвержденными Госстроем СССР 23 января 1956 г., и «Правилами устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды».

Трубопроводы категории 1, $D_у > 70$ *мм* и категорий 2 и 3, $D_у > 100$ *мм* до пуска их в работу должны быть зарегистрированы в местных органах Госгортехнадзора или соответствующих ведомственных органах Котлонадзора по принадлежности.

2. ТРУБОПРОВОДЫ

1) Давления условные, пробные и рабочие для арматуры и соединительных частей трубопроводов (по ГОСТ 356-59)

Указанные в табл. 9 и 10 давления — избыточные (манометрические).

Рабочее давление для промежуточных значений температуры среды определяется линейной интерполяцией.

Таблица 9

Арматура и соединительные части из углеродистой стали

Давление условное $p_у$ в *кг/см²* (при температуре 0°)	Давление пробное (водой при температуре ниже 100°) $p_{пр}$ в *кг/см²*	Давление рабочее наибольшее $p_{раб}$ в *кг/см²* при температуре среды в град.			
		до 200	250	300	350
1	2	1	0,9	0,8	0,7
2,5	4	2,5	2,2	2	1,8
4	6	4	3,6	3,2	2,8
6	9	6	5,6	5	4,5
10	15	10	9	8	7,0
16	24	16	14	12,5	11
25	38	25	22	20	18
40	60	40	36	32	28

Таблица 10

Арматура и соединительные части из чугуна, бронзы и латуни

Давление условное $p_у$ в *кг/см²* (при температуре 0°)	Давление пробное (водой при температуре ниже 100°) $p_{пр}$ в *кг/см²*	Арматура и соединительные части из чугуна				Арматура и соединительные части из бронзы и латуни		
		Давление рабочее наибольшее $p_{раб}$ в *кг/см²* при температуре среды в град.						
		до 120	200	250	300	до 120	200	250
1	2	1	1	1	1	1	1	0,7
2,5	4	2,5	2,5	2	2	2,5	2	1,7
4	6	4	3,6	3,4	3,2	4	3,2	2,7
6	9	6	5,5	5	5	6	5	4
10	15	10	9	8	8	10	8	7
16	24	16	15	14	13	16	13	11
25	38	25	23	21	20	25	20	17
40	60	40	36	34	32	40	32	27

Арматура в сборе испытывается на герметичность (затвора, сальниковой набивки, прокладок) гидравлическим давлением, равным условному ($p_у$).

2) Условные проходы арматуры, труб и деталей трубопроводов (фасонных частей)

Размеры условных проходов для трубопроводов, их деталей (фасонных частей) и арматуры, а также тех частей приборов и аппаратов, которые служат для присоединения к ним арматуры или трубопроводов, устанавливаются по ГОСТ 355-52.

Под условным проходом следует понимать номинальный внутренний диаметр трубопровода.

Таблица 11

Условные проходы трубопроводов, их деталей и арматуры (по ГОСТ 355-52)

Диаметры условных проходов $D_у$ в *мм*	Соответствующая резьба арматуры, труб и фасонных частей в дюймах	Диаметры условных проходов $D_у$ в *мм*	Соответствующая резьба арматуры, труб и фасонных частей в дюймах
8	1/4		
10	3/8	150	6
15	1/2	(175)	(7)
20	3/4	200	8
25	1	(225)	(9)
32	1 1/4	250	10
40	1 1/2	(275)	(11)
50	2	300	12
(60)	—	(325)	(13)
70	2 1/2	350	14
80	3	400	16
(90)	(3 1/2)	450	18
100	4	500	20
125	5	600	24

Примечание. Диаметры условных проходов, заключенные в скобки, применять не рекомендуется.

3) Определение диаметра трубопровода и падения давления (напора) в трубопроводе

Внутренний диаметр трубопровода может быть предварительно определен по формуле

$$d = \sqrt{\frac{D}{2\,826 w \gamma}},$$

где D — количество протекающей в трубопроводе среды в *кг/час*;
γ — объемный вес протекающей среды в *кг/м*^{3};
d — внутренний диаметр трубопровода в *м*;
w — скорость в трубопроводе в *м/сек* (табл. 12).

Таблица 12

Допускаемые скорости рабочей среды в трубопроводах

Среда	Род трубопровода	Допускаемая скорость в *м/сек*
Перегретый пар	Магистраль	40—60
	Ответвления	35—40
Насыщенный „	Магистраль	30—40
	Ответвления	20—30
Конденсат	—	0,5—1,5
Вода	—	1—2,5

Примечание. Для пара давлением до 0,7 *ати* скорость допускается не более 30 *м/сек*.

Величина падения давления (напора) от трения в прямых трубах выражается формулой

$$\Delta p = \frac{0{,}64\lambda G^2 l}{10^2 d^5 \gamma} \; кг/м^2 \; (мм \text{ вод. ст.}),$$

где λ — коэффициент трения;
d — внутренний диаметр трубопровода в *м*;
γ — объемный вес протекающей среды в $кг/м^3$;
l — длина трубопровода в *м*;
G — весовое количество протекающей среды в *т/час*.

Коэффициент трения λ зависит от числа Re (критерий Рейнольдса) и шероховатости внутренней поверхности трубы.

Для воды и пара значения коэффициента трения λ при различных диаметрах трубопровода, коэффициенте абсолютной шероховатости k=0,2 *мм* и при $Re = 10^5 \div 10^3$ приведены в табл. 13.

Таблица 13

Значения коэффициента трения λ

λ	Диаметр трубопровода в *мм*					
	25	30	40	50	60	80
	0,0352	0,0332	0,0304	0,0284	0,027	0,025

Продолжение табл. 13

λ	Диаметр трубопровода в *мм*					
	100	120	150	200	250	300
	0,0234	0,0224	0,0211	0,0196	0,0186	0,0178

Падение давления (напора) в местных сопротивлениях определяется по формуле

$$\Delta p_м = \frac{0{,}64\Sigma\zeta G^2}{10^2 d^4 \gamma} \; кг/м^2 \; (мм \text{ вод. ст.}),$$

где $\Sigma\zeta$ — сумма значений коэффициентов местных сопротивлений (табл. 14 и 14а).

Таблица 14

Значения коэффициента местных сопротивлений

Вид местного сопротивления	Значение ζ	Вид местного сопротивления	Значение ζ
Изгиб (отступ)	0,5	Внезапное изменение скорости:	
Отвод двойной узкий	2	расширение	1*
„ „ широкий	1	сужение	0,5*
Тройник:		Компенсатор:	
проход	1	гнутый из труб	2
ответвление	1,5	сальниковый	0,5
противоток	3	Грязевик и водоотделитель	10
разветвление	1,5		
Крестовина:			
проход	2		
ответвление	3		

* Относится к наибольшей скорости.

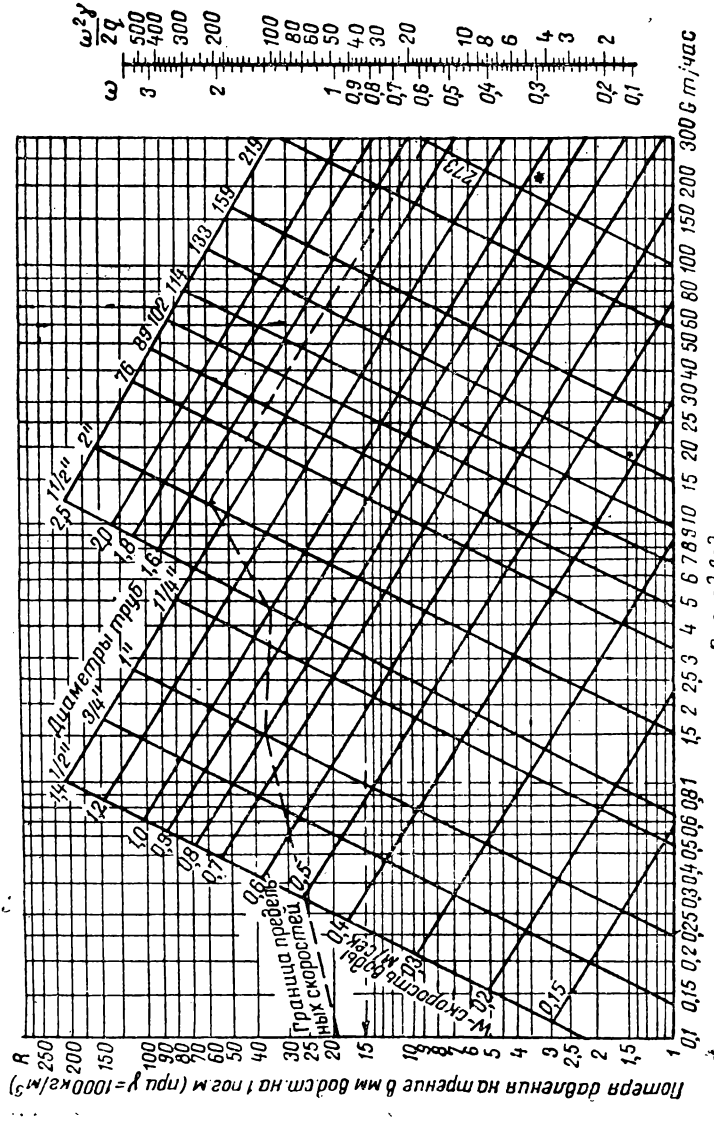


Рис. 1. Номограмма для определения диаметра трубопровода и потери давления в нем при теплоносителе—горячей воде (составлена В. В. Андреяновым и С. Ф. Кирко)

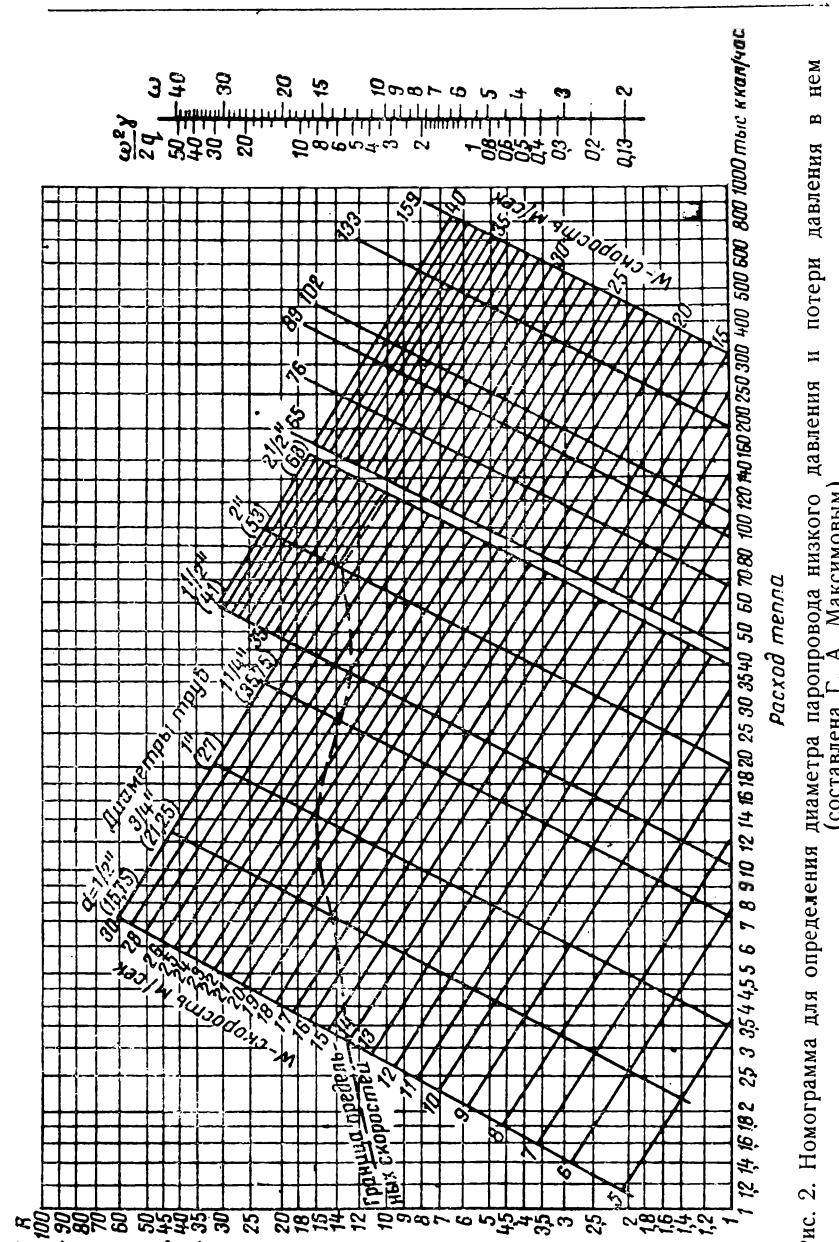


Рис. 2. Номограмма для определения диаметра паропровода низкого давления и потери давления в нем (составлена Г. А. Максимовым)

Таблица 14а

Значения коэффициента местных сопротивлений

Вид местного сопротивления	Значение ζ при диаметре условного прохода трубы в *мм*					
	15	20	25	32	40	50 и больше
Угольник (колено)	2	2	1,5	1,5	1	1
Отвод 90°	1,5	1,5	1	1	0,5	0,5
Вентиль обыкновенный	16	10	9	9	8	7
„ типа „Косва"	3	3	3	2,5	2,5	2
Задвижка и клапан	1,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Кран проходной (пробочный)	4	2	2	2	—	—

Диаметр трубопровода и падение давления (напора) в нем могут быть определены также по номограммам: для водяных сетей (рис. 1) и для паропроводов низкого давления (рис. 2).

Способ пользования номограммами показан пунктирной линией (со стрелками) на номограмме для водяных сетей (рис. 1). На оси абсцисс находим точку, соответствующую заданному расходу воды в тоннах в час (в данном случае 1 *т/час*). От этой точки проводим вверх по вертикали прямую до пересечения с наклонной прямой диаметра трубы, ближайшего по допускаемой скорости и располагаемой потере давления на трение (в данном примере 1″). От найденной точки проводим горизонтальную прямую до оси ординат, где видим величину потери давления на 1 *пог. м* в *мм* вод. ст. (в данном примере 15 *мм* вод. ст.).

По номограммам определяется и скорость движения среды в трубопроводе. В примере, показанном на рис. 1, скорость воды равна 0,52 *м/сек*.

3. ПРОКЛАДКА ТРУБОПРОВОДОВ

1) Общие сведения

Применяются два вида прокладки трубопроводов внешних тепловых сетей: воздушная и подземная.

Воздушная прокладка трубопроводов осуществляется на эстакадах, мачтах или столбах (железобетонных, металлических или деревянных) или путем крепления трубопроводов к наружным стенам зданий. При воздушной прокладке в местах пересечения проездов для автотранспорта трубопровод укладывается на высоте не менее 5 *м*, а при пересечении железнодорожных путей — на высоте не менее 6 *м* над головкой рельса.

Подземная прокладка трубопроводов осуществляется в проходных, полупроходных и непроходных каналах, а также без каналов.

Проходные каналы применяются только при большом количестве параллельно прокладываемых трубопроводов (не менее пяти трубопроводов при сумме диаметров их более 1 500 *мм*). Полупроходные каналы сооружаются в исключительных случаях при прокладке трубопроводов под железнодорожными путями и под усовершенствованными дорогами и автострадами с большим движением транспорта, где вскрытие дорог для ремонта или замены трубопроводов не может быть допущено.

Наиболее распространенным типом подземной прокладки промышленных тепловых сетей является прокладка в непроходных каналах.

Наиболее дешевым типом подземной прокладки тепловых сетей является бесканальная прокладка, отличающаяся наименьшим объемом и простотой работ.

Недостатки бесканальной прокладки: тяжелые условия работы изоляции, недоступность для наблюдения и дороговизна вскрытия для осмотра и ремонта (так же, как и при прокладке в непроходных каналах).

При подземной прокладке трубопроводов обязательно устройство камер в местах размещения запорной арматуры, сальниковых компенсаторов и дренажных устройств. В местах разветвления трубопровода (тройники, крестовины) без установки арматуры должны быть поставлены смотровые люки. Высота камер во всех случаях должна быть не менее 1,8 *м*, ширина боковых проходов — не менее 0,5 *м*.

2) Прокладка трубопроводов в каналах

На рис. 3—6 приведены непроходные каналы различных конструкций. Наиболее целесообразно применять каналы сборных конструкций.

Деревянные каналы и камеры применяются при прокладке трубопроводов временного назначения. Не допускается устройство этих каналов и камер в местах пересечения трубопроводов с магистральными автогужевыми и железными дорогами.

При сооружении каналов в плотных материковых сухих грунтах их стенки укладывают непосредственно на грунт, без устройства дна. В остальных случаях необходимо устройство оснований. Дно канала должно быть выполнено с уклоном не менее 0,002 к выпускам в ливневую канализацию или к приямкам для откачки воды.

В лёссовидных грунтах основание каналов и камер следует выполнять из бетона или железобетона по щебеночной подготовке.

При устройстве каналов с отметками основания ниже возможного максимального уровня грунтовых вод рекомендуется прокладывать дренаж из керамических или просверленных асбоцементных труб диаметром 150—200 *мм* с уклоном не менее 0,003, с засыпкой стыков дренажных труб (гравием размером 20—30 *мм*) и обратного фильтра из речного песка и мелкого гравия с устройством смотровых колодцев через 35—40 *м*.

Канал с дренажем показан на рис. 7.

Конструкции каналов и камер рассчитаны на нагрузку от автомашины при заглублении верха канала не менее 500 *мм*. Заглубление менее 500 *мм* допускается только в непроезжих местах при обеспечении достаточной водонепроницаемости перекрытий каналов и камер и усилений изоляции трубопроводов.

В случае устройства каналов и камер в проезжих местах с заглублением менее 500 *мм* конструкции каналов и камер должны быть усилены.

На рис. 3 и 4 представлены кирпичный и деревянный непроходные каналы (табл. 15).

На рис. 5 показан непроходной кирпичный канал со щебеночным основанием и засыпной изоляцией труб.

На рис. 6 представлен сборный непроходной канал со стенками из бетонных блоков и бетонным основанием (табл. 16).

Прокладка трубопроводов может быть осуществлена в бетонных, железобетонных или асбоцементных трубах, соединяемых на муфтах, с изоляцией из минеральной ваты или пенобетона.

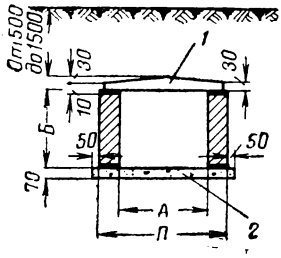


Рис. 3. Непроходной кирпичный канал

1 — железобетонные плиты; *2* — бетон марки 50

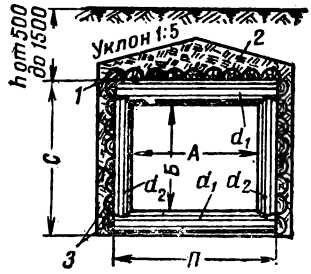


Рис. 4. Непроходной деревянный канал

1 — пластины 140/2; *2* — мятая глина; *3* — пластины 120/2

Таблица 15

Размеры непроходных каналов в *мм* (рис. 3 и 4)

Диаметр труб $D_у$ в *мм*	Кирпичные каналы				Деревянные каналы					
	А	Б	П	Р	А	Б	П	С	бревна	
									d_1	d_2
25—50	600	350	840	80	600	350	780	620	140	100
70—80	680	390	920	90	680	390	900	700	160	120
100	740	410	980	90	740	410	960	720	160	120
125—150	870	460	1 110	90	870	460	1 090	770	160	120
200	990	510	1 490	100	990	510	1 210	860	180	120
250	1 090	570	1 590	110	1 090	570	1 310	960	200	120
300	1 210	640	1 710	110	1 210	640	1 430	1 030	200	120

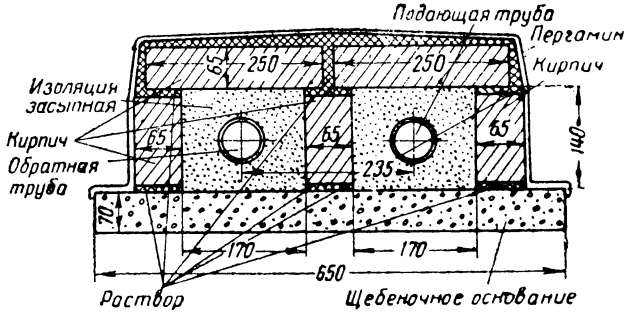


Рис. 5. Кирпичный непроходной канал для труб $D_у = 50 \div 80$ *мм* с засыпной изоляцией

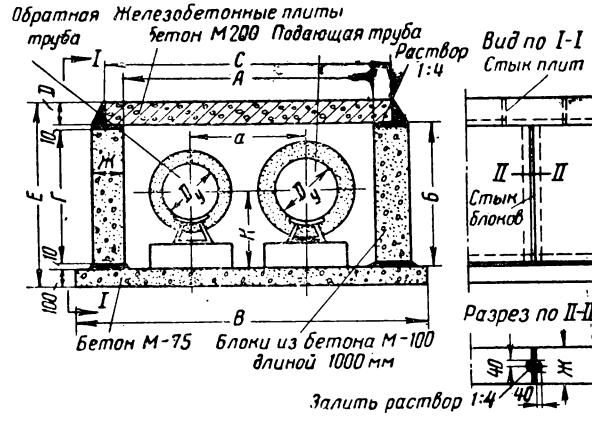


Рис. 6. Сборный непроходной канал из бетонных блоков для труб $D_у = 50 \div 400$ *мм*

Таблица 16

Размеры сборного непроходного канала в *мм* (рис. 6)

Диаметр труб $D_у$ в *мм*	*А*	*С*	*Д*	*Б*	*В*	*Ж*	*Г*	*а*	*Е*
50	600	750	60	385	940	120	365	240	545
80	700	850	70	385	1 040	120	365	280	555
100—125	800	950	70	460	1 140	120	440	320	630
150	900	1 050	80	460	1 240	120	440	400	640
200	1 100	1 300	100	535	1 440	120	515	460	735
250	1 200	1 400	100	610	1 540	120	590	520	810
300	1 300	1 500	120	685	1 760	160	665	580	905
350	1 400	1 600	120	760	1 820	160	740	650	980
400	1 600	1 800	130	760	2 020	160	740	720	990

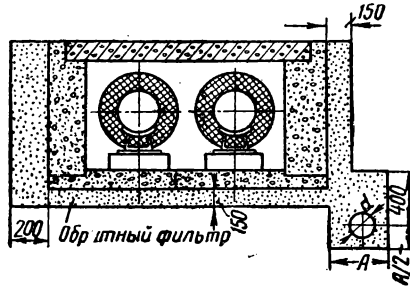


Рис. 7. Канал с дренажем $A = 600$ *мм*

При прокладке в канале трубопроводов разных диаметров размеры канала принимаются по большему диаметру.

3) Бесканальная прокладка трубопроводов

Бесканальная прокладка трубопроводов применяется в сухих грунтах с плотным основанием под трубы на глубине не менее 1 *м*. При меньшей глубине устраивается сплошное щебеночное основание. В насыпном грунте трубы укладываются на бетонную подушку.

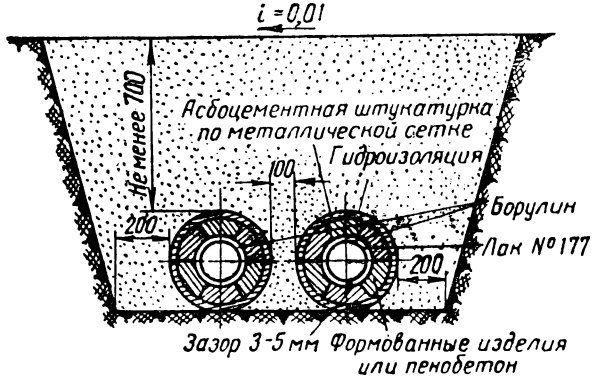


Рис. 8. Бесканальная прокладка трубопроводов $D_у \geqslant 100$ *мм* с изоляцией из формованных изделий или пенобетона

Не допускается бесканальная прокладка трубопроводов в неустойчивых лёссовидных грунтах.

При бесканальной прокладке трубопроводов в местах расположения компенсаторов и на участках поворотов трассы при естественной компенсации температурных удлинений трубопроводы прокладываются в непроходных каналах.

Бесканальная прокладка трубопроводов может быть выполнена с засыпной изоляцией труб фрезерным торфом (при температуре теплоносителя до 120°), с изоляцией труб формованными изделиями или пенобетоном, а также с применением сборных конструкций: из автоклавного армопенобетона или железобетонных сегментов.

На рис. 8 показана бесканальная прокладка трубопроводов с изоляцией из формованных изделий или пенобетона.

4) Требования к прокладке трубопроводов

Прокладка в общем канале трубопроводов тепловых сетей и трубопроводов с легковоспламеняющимися, химически едкими и ядовитыми веществами не допускается.

Горизонтальные участки трубопроводов должны быть проложены с уклоном не менее 0,001, с устройством дренажа.

Соединения теплопроводов с канализацией должны выполняться с разрывом (через раковину, воронку или приямок).

При подземной прокладке трубопроводов параллельно с кабелями расстояние между кабелем и перекрытием теплопровода в свету должно быть не менее 2 *м* или должна быть применена теплоизоляция, исключающая возможность дополнительного нагрева грунта выше 10° в месте прокладки кабеля в любое время года. При пересечении трубопроводов с кабелями расстояние между перекрытием теплопровода и кабелем в свету должно быть не менее 0,5 *м* с соблюдением того же требования в отношении теплоизоляции.

Задвижки и вентили на водяных тепловых сетях диаметром 350 *мм* и более и на паропроводах диаметром 200 *мм* и более должны иметь обводные линии.

Камеры для обслуживания подземных трубопроводов с установленной на них чугунной арматурой (включая сальниковые компенсаторы) $D_y > 150$ *мм*, а также камеры с внутренней площадью 2,5 $м^2$ и более (за исключением трубопроводов категории 4) должны иметь два люка с лестницами или скобами.

4. ОПОРЫ ТРУБОПРОВОДОВ

Таблица 17

Расстояния между подвижными опорами изолированных трубопроводов с минимальной толщиной стенок при объемном весе изоляционных материалов более 400 *кг/м*³

Диаметр условного прохода трубы D_y в *мм*	25	50	70	100	125	150	200	250	300	350	400
Расстояние между опорами в *м*	2	3	4	4,5	5	6	7	8	8,5	9	9

1) Подвижные опоры

Подвижные опоры применяются скользящие, роликовые, катковые. Наиболее широко применяются скользящие опоры. На рис. 9 изображена скользящая опора из полосовой стали. Такая опора может быть выполнена и из угловой стали.

Скользящая опора для труб $D_y = 25 \div 80$ *мм* может быть изготовлена в виде скобы из полосовой стали толщиной 5—6 *мм*, шириной

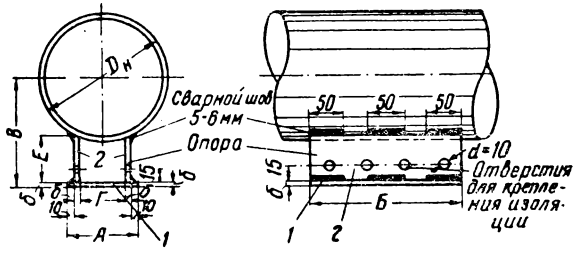


Рис. 9. Скользящая опора для труб $D_y = 100 \div 300$ *мм*

30—80 *мм*, длиной 150—200 *мм* с высотой опоры 75—100 *мм* в зависимости от диаметра трубы, с приваркой к трубе обоих концов скобы.

Кроме указанных типов опор, применяются пружинные опоры. Для коллекторов применяются опорные подставки двух видов: регулируемые по высоте и не регулируемые.

Таблица 18

Скользящая опора для труб $D_у = 100 \div 300$ *мм* (рис. 9) (размеры в *мм*)

$D_у$ труб	Наружный диаметр труб $D_н$	*А*	*Б*	*В*	*Г*	*Е*	*1**	*2**
100	108	100	300	145	70	90	100 × 5	90 × 5
125	133	120	300	160	90	90	120 × 5	90 × 5
150	159	120	300	173	90	90	120 × 5	90 × 5
200	219	140	300	200	110	90	140 × 5	90 × 5
250	273	180	350	240	144	100	180 × 8	100 × 8
300	325	180	350	270	144	100	180 × 8	100 × 8

* Полосовая сталь.

2) Кронштейны для крепления труб

Кронштейны для опор двух труб $D_у = 50 \div 150$ *мм* при прокладке их вдоль каменных стен даны в табл. 19 (рис. 10).

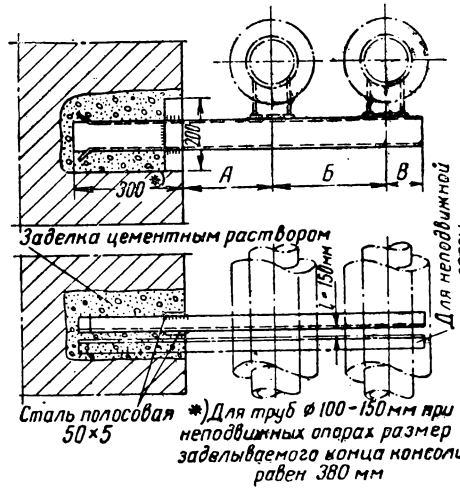


Рис 10. Кронштейн для двух труб $D_у = 50 \div 150$ *мм* со скользящими и неподвижными опорами, заделанный в каменной стене

Таблица 19

Размеры кронштейнов для опор в *мм*

D_y труб	Размеры и профиль кронштейнов		*А*	*Б*	*В*
	для подвижных опор	для неподвижных опор			
50	65 × 6	2 × 65 × 6	200	210	90
70	65 × 6	2 × 65 × 6	200	275	95
	Швеллер	Швеллер			
80	№ 8	№ 10	200	290	105
100	№ 8	2 × № 8	250	315	135
125	№ 8	2 × № 10	250	315	135
150	№ 10	2 × № 14а	250	360	165

3) Неподвижные опоры

Неподвижные (мертвые) опоры применяются трех видов: хомутовые, упорные и приварные. На рис. 11 показана упорная неподвижная опора для труб $D_y = 80 \div 600$ *мм* на осевые усилия до 10 *т* на одну трубу. Длина участка трубопровода между двумя неподвижными опорами, устанавливаемыми до и после компенсатора, в зависимости от компенсирующей способности последнего и наличия ответвлений определяется в 20—60 *м*. Перемещение точек присоединения ответвлений не должно превышать 50 *мм*.

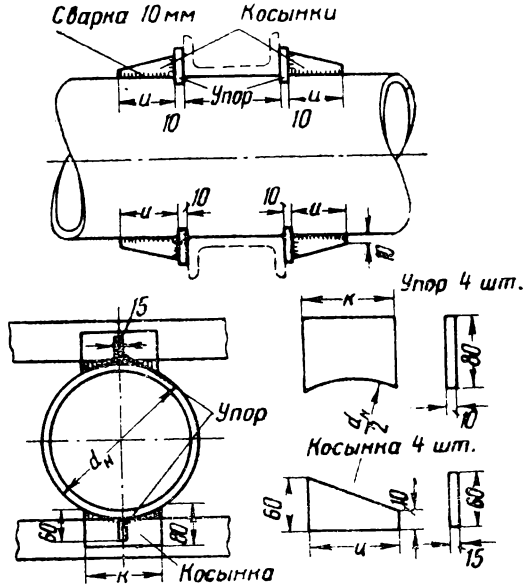


Рис. 11. Упорная неподвижная опора для труб $D_y = 80 \div 600$ *мм*

Таблица 20

Размеры косынок K упорных неподвижных опор

Диаметр условного прохода трубы D_y в *мм*	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500
Максимальное осевое усилие в *т*	5	5	5	10	10	10	10	10	10	10	10
K в *мм*	55	60	70	75	90	100	115	120	130	140	150

Примечание. Размер $И$ следует принимать: для осевого усилия до 5 *т* — 80 *мм*, для осевого усилия 10 *т*—120 *мм*.

Кроме подвижных и неподвижных опор указанных типов, применяются также подвесные опоры.

5. КОМПЕНСАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УДЛИНЕНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ

Тепловое удлинение трубопровода из углеродистой стали может быть определено по формуле

$$\Delta l = 0{,}012\,(t_1 - t_2)\,l\ мм,$$

где t_1 — температура теплоносителя;
t_2 — температура трубопровода при монтаже;
l — длина участка трубопровода в *м*.

Таблица 21

Тепловые удлинения трубопровода

Изменение температуры трубопровода в град.	50	60	70	80	90	95	100	—	—	—
Изменение длины на 1 *м* в *мм*	0,6	0,72	0,84	0,96	1,08	1,14	1,2	—	—	—
Изменение температуры трубопровода в град.	110	120	130	140	150	160	170	180	200	250
Изменение длины на 1 *м* в *мм*	1,32	1,44	1,56	1,68	1,8	1,92	2,04	2,14	2,4	3

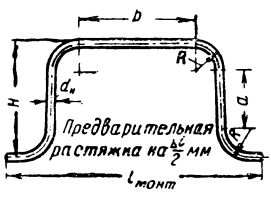


Рис. 12. Нормальный компенсатор (короткий) типа I, $b = 2a$

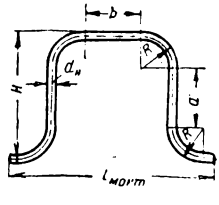


Рис. 13. Равносторонний компенсатор типа II, $b = a$

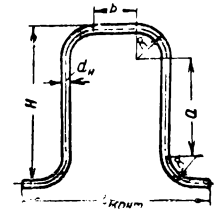


Рис. 14. Удлиненный компенсатор типа III, $b = 0{,}5a$

На рис. 12—14 показаны П-образные компенсаторы: нормальный, равносторонний и удлиненный с $R=4d_н$.

Монтажная длина компенсаторов: для труб $D_у \leqslant 100$ *мм* $l_{монт} = b+16d_н+200$; для труб $D_у \geqslant 100$ *мм* $l_{монт} = b+18d_н$.

Кроме П-образных компенсаторов, применяются:

а) гнутые компенсаторы лирообразные гладкие и со складками;

б) сальниковые компенсаторы чугунные и стальные (односторонние и двухсторонние).

Таблица 22

Размеры и компенсирующая способность П-образных компенсаторов при $R = 4d_н$ (размеры в *мм*)

Температурное удлинение Δl	Тип компенсатора	$d_у$										
		20	25	32	40	50	80	100	125	150	200	250
		Вылет $H = a + 2R$										
30	I	450	520	570	—	—	—	—	—	—	—	—
	II	530	580	630	670	—	—	—	—	—	—	—
	III	600	760	820	850	—	—	—	—	—	—	—
50	I	570	650	720	760	790	930	1 000	—	—	—	—
	II	690	750	830	870	880			—	—	—	—
	III	790	850	930	970	950	980	—	—	—	—	—
75	I	680	790	860	920	950	1 100	1 220	1 380	1 530	1 800	—
	II	830	930	1 020	1 070	1 080	1 200	1 300				
	III	980	1 060	1 150	1 220	1 180	1 250	1 350	1 450	1 600	—	—
100	I	780	910	980	1 050	1 100	1 270	1 400	1 590	1 730	2 050	—
	II	970	1 070	1 170	1 240	1 250	1 400	1 530	1 670	1 830	2 100	2 300
	III	1 140	1 250	1 360	1 430	1 400	1 500	1 600	1 750			
150	I	950	1 100	1 200	1 270	1 310	1 570	1 730	1 920	2 120	2 500	—
	II	1 190	1 330	1 450	1 540	1 550	1 760	1 920	2 100	2 280	2 630	2 800
	III	—	1 560	1 700	1 800	1 830	1 900	2 050	2 230	2 400	2 700	2 900
200	I	—	1 240	1 370	1 450	1 510	1 830	2 000	2 240	2 470	2 840	—
	II	—	1 540	1 700	1 800	1 810	2 070	2 250	2 500	2 700	3 080	3 200
	III	—	—	2 000	2 100	2 100	2 300	2 450	2 670	2 850	3 200	3 400
250	I	—	—	1 530	1 620	1 700	2 050	2 230	2 520	2 780	3 160	—
	II	—	—	1 900	2 010	2 040	2 340	2 560	2 800	3 050	3 500	3 800
	III	—	—	—	—	2 370	2 600	2 800	3 050	3 300	3 700	3 800
300	I	—	—	—	—	—	2 260	2 440	2 750	3 070	3 460	—
	II	—	—	—	—	—		2 850	3 120	3 400	3 880	4 200
	III	—	—	—	—	2 650	2 900	3 130	3 430	3 700	4 150	4 200
350	I	—	—	—	—	—	2 450	2 650	2 950	3 320	3 760	—
	II	—	—	—	—	—		3 120	3 430	3 730	4 270	—
	III	—	—	—	—	—	3 200	3 460	3 800	4 070	4 600	—

Примечание. Таблица составлена с учетом растяжки компенсатора при его установке на величину $\frac{\Delta l}{2}$ *мм*.

Чугунные сальниковые компенсаторы можно применять при давлении не более 13 *кг/см²* (см. табл. 40).

Стальные сальниковые компенсаторы устанавливаются при давлении до 16 *кг/см²*.

При прокладке трубопроводов на мачтах сальниковые компенсаторы не применяются.

При установке сальникового компенсатора между упорным кольцом на стакане и упором на корпусе компенсатора должен быть оставлен зазор величиной 30—60 *мм* (соответственно температуре наруж-

Характеристика компенсаторов сальниковых чугунных и стальных (односторонних и двухсторонних) (рис. 15, 16)

Таблица 23

Диаметр условного прохода D_y	Размеры в *мм*													Болты		Вес в *кг*	
	$Д$	$А$	$А_1$	$Б$	односторонний		двухсторонний		максимальный ход Δl	$С$	$Д_1$	$Д_2$	$Д_3$	количество на фланец	диаметр в дюймах	одностороннего	двухстороннего
					$L_{мин}$	$L_{макс}$	$L'_{мин}$	$L'_{макс}$									
Чугунные																	
80	—	345	570	—	480	640	850	1 170	—	—	130	200	160	8	5/8	30	50
100	—	350	560	—	490	650	870	1 190	—	—	162	220	180	8	5/8	39	65
125	—	355	580	—	505	665	890	1 210	—	—	189	250	210	8	5/8	49	83
150	—	365	590	—	525	685	920	1 240	—	—	216	285	240	8	3/4	77	116
200	—	375	600	—	550	710	960	1 280	—	—	274	340	295	12	3/4	111	199
250	—	385	610	—	575	735	1 000	1 320	—	—	300	405	355	12	7/8	153	274
300	—	385	610	—	575	735	1 000	1 320	—	—	384	410	410	12	7/8	179	319
Стальные																	
80	89	410	820	400	—	650	—	1 300	150	18	133/125	230	190	6	5/8	23	45
100	102	410	820	400	—	650	—	1 300	150	18	159/150	245	205	6	5/8	29	58
125	133	410	820	450	—	700	—	1 400	200	20	194/185	300	260	8	3/4	—	92
150	159	410	820	500	—	750	—	1 500	200	20	219/207	310	265	8	3/4	53	106
200	219	410	820	500	—	750	—	1 500	200	22	273/259	360	315	8	3/4	72	144
250	273	450	920	500	—	800	—	1 600	200	26	325/309	460	410	8	7/8	101	201
300	325	450	920	550	—	850	—	1 700	200	28	377/361	500	450	8	7/8	120	240

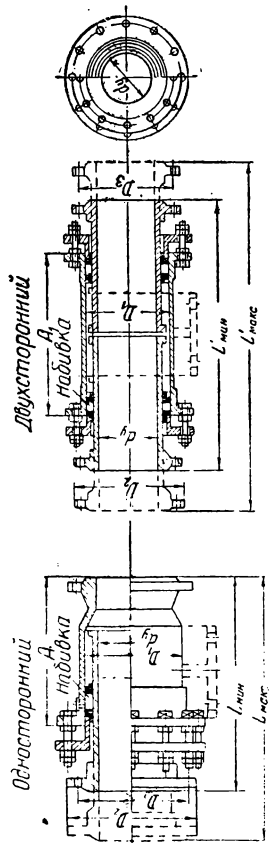


Рис. 15. Компенсаторы сальниковые чугунные

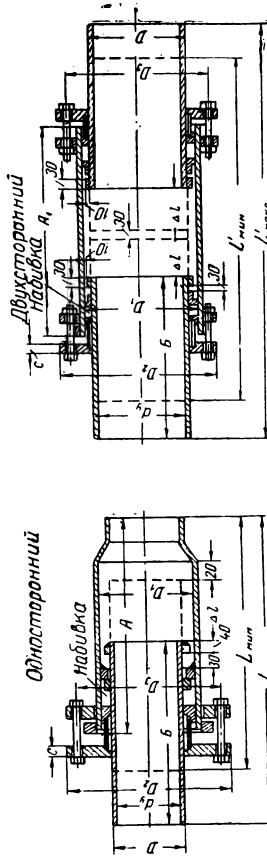


Рис. 16. Компенсаторы сальниковые стальные

ного воздуха при монтаже трубопровода от —5° и ниже до +20° и выше).

Величина растяжки сварных сальниковых компенсаторов определяется по наибольшему расстоянию между рисками на стакане и корпусе компенсатора. На участке трубопровода между сальниковым компенсатором и неподвижной опорой должна быть установлена направляющая опора (или несколько таких опор).

На трубопроводах диаметром более 150 *мм* при давлении до 7 *кг/см*^{2} применяются также линзовые компенсаторы.

При Г-образной прокладке трубопроводов обеспечивается естественная компенсация температурных удлинений их; размеры компенсирующих плеч могут быть определены по табл. 24, составленной для разности между максимальной температурой теплоносителя и температурой наружного воздуха во время монтажа Δt=150°.

Таблица 24

Размеры компенсирующих плеч (l_1 и l_2) в *м* при самокомпенсации Г-образных трубопроводов для Δt = 150°

Диаметр условного прохода трубы $D_у$ в *мм*	Длина трубопровода l_1 до поворота												
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
	Расстояние от поворота до мертвой точки l_2												
80	1,7	2,4	3,1	3,6	4,1	4,4	4,8	5	5,2	5,4	5,6	—	—
100	2,4	3,2	4	4,5	5,1	5,6	6	6,4	6,8	7	7,2	—	—
150	2,9	4	4,9	5,6	6,4	7,1	7,9	8,4	8,8	9,2	9,6	9,8	—
200	3,4	4,6	5,8	6,9	7,8	8,7	9,4	10,2	10,8	11,4	12	12,4	13
250	4,2	5,4	6,7	7,7	8,6	9,6	10,4	11,2	12	12,6	13,2	13,8	14,1
300	4,9	6,2	7,5	8,5	9,6	10,5	11,4	12,2	13	13,7	14,4	14,8	15,3
350	—	6,8	8,2	9,4	10,4	11,4	12,4	13,2	13,9	14,6	15,2	15,8	16,2
400	—	7,5	8,9	10,1	11,2	12,2	13,2	14,2	14,9	15,6	16,1	16,6	17
450	—	8,2	9,5	10,7	11,9	13	14	15	15,8	16,4	17	17,6	18,1
500	—	9	10,4	11,6	12,2	14	15	16	16,6	17,2	18	18,5	19

6. ИЗОЛЯЦИЯ ТРУБОПРОВОДОВ

Для теплоизоляции паропроводов и трубопроводов горячей воды применяются мастичные, литые, засыпные, обволакивающие, формованные и специальные теплоизоляционные конструкции.

Наиболее широко применяется изоляция формованными изделиями.

Мастичная изоляция не рекомендуется при прокладке трубопроводов в непроходных каналах и бесканальной прокладке, а также при воздушной прокладке значительной протяженности.

Специальные конструкции применяются для изоляции фланцевых соединений и арматуры. Наилучшей из них является изоляция асбестовыми матрацами.

Защита основного теплоизоляционного слоя конструкции осуществляется штукатуркой: асбозуритовой, асбестоцементной, керезито-цементной и др.

В качестве гидроизоляционного слоя служат гидроизол, борулин, руберойд и т. д.

Трубы перед изоляцией должны быть очищены от грязи и ржавчины и защищены антикоррозийным покрытием.

Изоляции подлежат все трубопроводы (независимо от способа прокладки) с температурой теплоносителя, превышающей 50°.

Технические данные о теплоизоляционных материалах приведены в разделе втором, табл. 12.

Не рекомендуется засыпка трубопроводов шлаком (вызывающая сильную коррозию труб), а также изоляция тепловых сетей органическими материалами и изделиями (шевелин, морозин, камышит, соломит и т. п.).

Таблица 25

Предельная толщина основного слоя теплоизоляции

Наружный диаметр трубопровода в *мм*										
14	20	32	40	48	57	108	159	219	273	325
Предельная толщина изоляции в *мм*										
30	40	50	60	70	80	130	150	160	160	170

Примечание. Предельная толщина основного слоя изоляции плоских и криволинейных поверхностей 200 *мм*.

Таблица 26

Коэффициенты теплопроводности и объемные веса (предельные) изоляционных конструкций при различных видах прокладки трубопроводов

Виды прокладки трубопроводов	Средняя температура теплоносителя в град.	Коэффициент теплопроводности в *ккал/м час град* не более	Объемный вес в *кг/м³* не более
В помещениях	До 100	0,15	650
	Выше 100	0,12	600
Воздушная прокладка вне помещений	До 100	0,12	500
	Выше 100	0,1	450
Прокладка в непроходных каналах	До 100	0,13	650
	Выше 100	0,11	600

Таблица 27

Нормы тепловых потерь наружной поверхностью изоляции 1 *пог. м* трубопровода и 1 *м²* плоской стенки при температуре окружающего воздуха +25°

Наружный диаметр трубопровода в *мм*	Температура теплоносителя в град.							
	50	75	100	150	200	250	300	350
	Тепловые потери в *ккал/м час*							
10	—	—	22	37	52	67	83	98
17	—	—	26	43	61	78	96	113
28	—	22	32	51	70	89	108	127
38	—	26	36	56	76	96	116	137
48	—	29	40	61	82	103	125	146
57	22	34	45	65	85	105	130	150
76	25	40	50	70	95	115	140	165
108	30	50	60	85	110	135	160	190
133	35	55	65	90	120	145	175	210
159	40	60	75	100	130	160	190	225
219	50	75	90	125	160	195	230	270
273	60	85	105	145	185	225	265	310
325	70	100	125	170	215	260	305	350
	Тепловые потери в *ккал/м² час*							
Плоская поверхность	55	65	75	95	115	135	155	175

В качестве антикоррозийного покрытия стальных трубопроводов тепловых сетей рекомендуется применять краску АЛ-177 (ГОСТ 5631-51), приготовляемую введением в битумный лак № 177 15—20% алюминиевой пудры (ГОСТ 5494-50). Краска готовится непосредственно перед употреблением, после очистки труб от ржавчины.

Температура на поверхности изоляции не должна превышать 50° при температуре окружающего воздуха 25°.

Таблица 28

Коэффициенты к табл. 27 для определения норм тепловых потерь изолированными поверхностями при различных температурах окружающего воздуха

Температура окружающего воздуха в град.	Температура теплоносителя в град.						
	50	100	150	200	250	300	350
+40	0,63	0,89	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98
+30	0,89	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99
+25	1	1	1	1	1	1	1
+10	1,26	1,09	1,06	1,04	1,03	1,03	1,03
— 0	1,41	1,13	1,1	1,07	1,05	1,04	1,04
—10	1,55	1,21	1,13	1,1	1,07	1,06	1,05
—20	1,67	1,26	1,17	1,12	1,1	1,08	1,07
—30	1,79	1,32	1,2	1,14	1,13	1,1	1,08
—40	1,9	1,37	1,23	1,17	1,14	1,11	1,1

7. СБОР И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНДЕНСАТА

Для отвода конденсата из пароприемников и паропроводов применяются конденсационные горшки (конденсатоотводчики), подпорные шайбы и гидравлические затворы.

1) Конденсационные горшки служат для автоматического удаления конденсата пара при переменном его расходе и применяются: с открытым поплавком (45ч4бр), с опрокинутым поплавком (45ч9) и с термостатом (45кч6бр).

Максимальная производительность конденсационных горшков с открытым поплавком определяется по формуле

$$Q = 32d^2 \sqrt{p_1 - p_2},$$

где Q — производительность горшков в *л/час*;

d — диаметр отверстия клапана в *мм*;

p_1 — давление пара перед горшком в *ати*; при отводе конденсата от пароприемника $p_1 = 0{,}95\ p$ *ати*, при дренаже паропроводов $p_1 = p$ *ати*;

p_2 — давление после горшка в *ати*; определяется высотой подъема конденсата после горшка: при наличии противодавления $p_2 = 0{,}4\ p$ *ати*, при свободном сливе конденсата p_2 принимается равным атмосферному давлению;

(p — рабочее давление пара в паропроводе или перед пароприемником, после которого установлен конденсационный горшок, в *ати*).

Работа конденсационного горшка возможна при минимальной разности давлений до и после него равной 0,25 *ат*. Максимальная разность давлений в зависимости от номера горшка колеблется от 1,5 до 8 *ат*.

Толщина теплоизоляционных конструкций
Температура окружающего

Обозначения: t^0 — температура теплоносителя в град.;
δ — общая толщина теплоизоляции в *мм*;
q — тепловые потери с 1 *пог. м* трубопровода в *ккал/м час*
Толщина штукатурки теплоизоляции из минеральной ваты

Диаметр трубопровода в *мм*	Сегменты из совелитовых плит								Скорлупы совелитовые								Минеральная вата							
	t^0								t^0								t^0							
	100		150		200		300		100		150		200		300		100		150		200		300	
	δ	q	δ	q	δ	q	δ	q	δ	q	δ	q	δ	q	δ	q	δ	q	δ	q	δ	q	δ	q
13	—	—	—	—	—	—	—	—	40	23	40	39	40	56	40	91	—	—	—	—	—	—	—	—
19	—	—	—	—	—	—	—	—	40	27	40	46	50	66	50	98	—	—	—	—	—	—	—	—
25	—	—	—	—	—	—	—	—	40	31	50	47	50	68	50	111	—	—	—	—	—	—	—	—
32	—	—	—	—	—	—	—	—	40	35	50	54	60	71	60	116	—	—	—	—	—	—	—	—
38	—	—	—	—	—	—	—	—	50	34	50	58	60	77	70	117	—	—	—	—	—	—	—	—
57	—	—	—	—	—	—	—	—	50	44	60	67	80	83	90	128	—	—	—	—	—	—	—	—
76	40	50	60	68	60	99	80	143	—	—	—	—	—	—	—	—	45	47	55	71	60	97	80	141
89	40	57	60	75	70	99	90	147	—	—	—	—	—	—	—	—	45	52	60	74	65	102	85	149
108	50	55	60	85	70	113	100	156	—	—	—	—	—	—	—	—	45	60	60	85	70	111	90	162
133	50	65	70	90	80	120	100	178	—	—	—	—	—	—	—	—	50	65	65	89	75	122	100	174
159	50	75	70	102	80	135	110	187	—	—	—	—	—	—	—	—	50	75	70	100	80	132	105	189
219	50	95	70	129	90	158	110	234	—	—	—	—	—	—	—	—	55	89	70	128	85	160	110	230
273	60	100	80	140	90	185	120	258	—	—	—	—	—	—	—	—	55	104	75	144	90	182	115	262
325	60	115	80	161	90	214	120	292	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Конденсационный горшок 45ч4бр имеет внутренний обвод для осмотра и ремонта горшка без снятия его с паропровода и обратный клапан на выходе.

Конденсационные горшки с опрокинутыми поплавками выпускаются с седлами и клапанами различных размеров.

Таблица 30

Производительность конденсатоотводчиков 45ч9 по горячему конденсату

Давление пара p в *кг/см²*	Диаметр условного прохода в *мм*									
	20 и 25			32 и 40			50		
	№ седла и клапана	диаметр седла	производительность в *л/час* при $p_{макс}$	№ седла и клапана	диаметр седла	производительность в *л/час* при $p_{макс}$	№ седла и клапана	диаметр седла	производительность в *л/час* при $p_{макс}$
От 0,5 до 2	1	9	1 800	5	15	5 000	9	20	9 000
От 2 до 4	2	6	1 100	6	10	3 150	10	14	6 150
От 4 до 8	3	4	750	7	7	2 200	11	10	5 000
От 8 до 13	4	3	600	8	5,2	1 550	12	8	3 650

Конденсатоотводчики с термостатом по сравнению с поплавковыми конденсационными горшками позволяют отводить более охлажденный конденсат.

Таблица 29

трубопроводов со штукатуркой асбозуритом воздуха 25°

и войлока 15 *мм*, из других материалов — 10 *мм*

Пенобетонные скорлупы и сегменты								Совелит								Асбозурит		Диатомовые скорлупы		Диатомовые сегменты		Минеральный войлок	
$t°$								$t°$								$t°$		$t°$		$t°$		$t°$	
100		150		200		250		100		150		200		300		100		100		100		60	
δ	q	δ	q	δ	q	δ	q	δ	q	δ	q	δ	q	δ	q	δ	q	δ	q	δ	q	δ	q
—	—	—	—	—	—	—	—	30	24	35	38	35	54	40	85	40	32	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	35	27	40	43	40	61	40	99	50	35	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	35	31	40	49	45	66	50	104	55	38	—	—	—	—	35	13
60	32	60	56	60	84	60	112	40	33	45	53	50	71	55	112	60	41	60	37	—	—	35	15
60	40	80	60	80	90	80	121	40	36	45	58	55	74	60	117	70	42	60	41	—	—	35	16
60	44	80	66	90	93	90	125	45	43	55	66	65	86	75	130	90	46	65	49	—	—	35	21
60	52	100	69	110	98	110	133	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	70	56	—	—	35	26
70	52	100	76	120	103	120	139	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	75	59	—	—	35	29
70	60	100	85	130	109	140	142	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	75	68	35	34
70	69	110	91	140	119	150	154	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	75	76	35	41
70	79	110	102	140	132	160	165	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80	83	35	47
80	90	110	127	140	162	170	191	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	90	98	35	62
80	108	120	141	140	189	170	226	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	35	73
80	123	120	160	140	215	170	255	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	35	89

Таблица 31

Производительность (по конденсату) конденсатоотводчиков 45кч6бр в *л/час*

D_y в *мм*	Давление пара в *кг/см²*								
	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1	3	5	6
15	165	280	350	430	500	560	680	900	1 000
20	250	440	560	660	750	850	900	1 150	1 300

Конденсационные горшки устанавливаются строго горизонтально и располагаются ниже места отвода конденсата из пароприемника или паропровода. Допускается установка одного конденсатоотводчика на группу аппаратов при небольшой разности давлений в них и при регулировке их одним вентилем на общей паровой линии.

Конденсационный горшок должен иметь обводную линию и при работе в общую конденсационную линию должен быть снабжен обратным клапаном. При работе горшков с выдавливанием (подъемом) конденсата также устанавливаются обратные клапаны.

2) Подпорные шайбы (рис. 17) устанавливаются в качестве конденсатоотводчиков при колебаниях расхода пара пароприемником не более чем в 1,5 раза и давлении пара в пределах от 1,5 до 6 *ата*. Минимальный диаметр отверстия шайбы рекомендуется принимать не менее 2—3 *мм*. Для предохранения от загрязнения перед

шайбой устанавливается сетка или диск с отверстием диаметром 2—3d, где d — диаметр отверстия в шайбе. После шайбы устанавливается обратный клапан. При прогреве аппарата конденсат должен быть пропущен помимо шайбы.

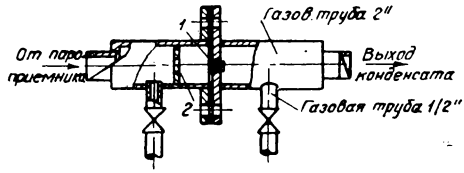


Рис. 17. Подпорная шайба

1 — сменный ниппель шайбы из латуни; *2* —диск с отверстиями диаметром 6 *мм* (для грубой очистки конденсата)

3) Гидравлические затворы применяются в качестве конденсатоотводчиков при постоянном давлении пара в пароприемнике ниже 1,5 *ата*.

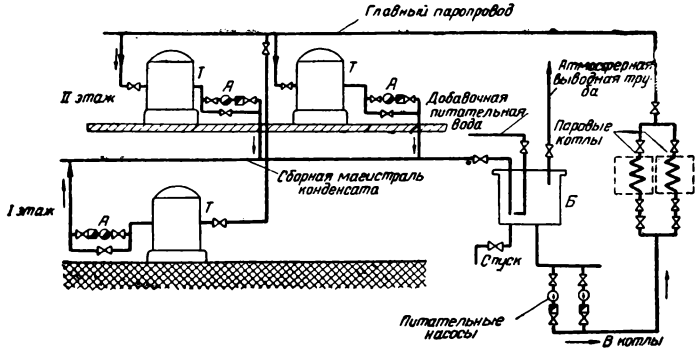


Рис. 18. Открытая схема сбора конденсата

Т — теплоиспользующие аппараты; *А* — конденсатоотводчики; *Б* — бак для сбора конденсата

При дренаже паропроводов расчетное количество конденсата принимается из условия охлаждения его на внутренней поверхности паропровода: для паропровода без изоляции 5 *кг/м² час* и для паропровода с изоляцией 1,25—2,5 *кг/м² час*.

Сбор и использование конденсата осуществляются по открытым и закрытым схемам. На рис. 18 приведена открытая схема сбора конденсата, рекомендуемая при небольших расстояниях от пароприемников до котельной и при самотечном возврате конденсата. На рис. 19

показана закрытая схема использования конденсата для нагрева производственной воды при атмосферном давлении в сборном баке.

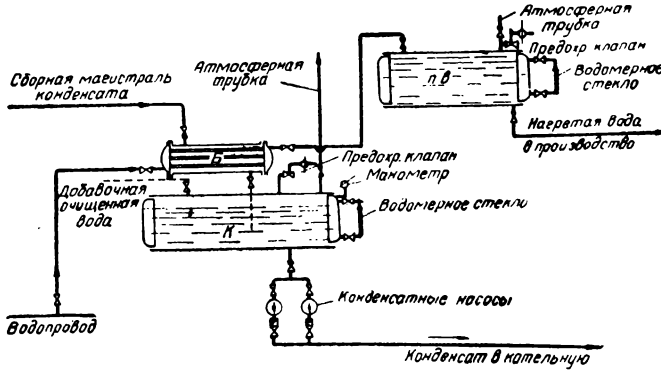


Рис. 19. Закрытая схема использования конденсата для нагрева производственной воды

Б — водоподогреватель; *К* — закрытый конденсационный бак; *ПВ* — сборник подогретой воды

Во избежание сильной коррозии внутренней поверхности самотечных конденсатопроводов рекомендуется создавать подпор, необходимый для заполнения всего сечения труб.

Таблица 32

Диаметры самотечных конденсатопроводов

Диаметр условного прохода труб в *мм*	Количество тепла, выделенного паром, образовавшим конденсат, в тыс. *ккал/час*				
	сухой конденсатопровод*		мокрый горизонтальный или вертикальный конденсатопровод* при длине в *м*		
	горизонтальный	вертикальный	до 50	от 50 до 100	более 100
15	4	6	28	18	8
20	15	22	70	45	25
25	28	42	125	80	40
32	68	100	270	175	85
40	104	155	375	250	115
50	215	320	650	440	215
80	750	1 120	2 250	1 500	750
90	1 100	1 650	3 100	2 000	1 100
100	1 400	2 100	3 900	2 600	1 400

* Сухой конденсатопровод — работающий неполным сечением, мокрый — заполнением всего сечения трубопровода.

8. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ И ТЕПЛОИСПОЛЬЗУЮЩИХ УСТАНОВОК

Эксплуатация и ремонт тепловых сетей и теплоиспользующих устройств и установок промышленных предприятий должны осуществляться в соответствии с «Правилами технической эксплуатации теплоиспользующих установок и тепловых сетей промышленных предприятий», утвержденными Государственной инспекцией по промышленной энергетике и энергонадзору б. Министерства электростанций СССР 17 марта 1954 г., и действующими правилами по технике безопасности.

К основным требованиям правильной эксплуатации тепловых сетей и теплоиспользующих установок, предусмотренным правилами, относятся:

обязательное производственное обучение и периодическая проверка знаний эксплуатационного персонала не реже одного раза в год; обязательное медицинское освидетельствование лиц, принимаемых на работу по обслуживанию тепловых установок;

опломбирование персоналом энергосистемы (или с его разрешения) спускных кранов на вводе (тепловом пункте) предприятия;

устройство площадок с перилами и постоянными лестницами для обслуживания элементов оборудования, установленных на высоте более 2,5 *м*;

устройство постоянного общего и местного электрического освещения в камерах обслуживания подземных прокладок и проходных каналах в соответствии с требованиями «Правил устройства электроустановок» для помещений особо сырых с повышенной температурой воздуха, а при необходимости и с применением взрывобезопасной арматуры;

определение нормы тепловых потерь теплосети на основе данных испытания при вводе ее в эксплуатацию и производство контрольных измерений тепловых потерь один раз в 2 года;

проверка состояния подземных теплопроводов вскрытием (шурфованием) отдельных участков тепловых сетей со снятием изоляции (не менее чем в двух местах) не реже одного раза в 2 года с тщательным восстановлением вскрытых каналов и изоляции;

систематический контроль за внутренней коррозией и накипеобразованием в трубопроводах тепловых сетей;

контроль за внешней коррозией трубопроводов от блуждающих токов проверкой теплосети электроразведкой не реже одного раза в 3 года с принятием мер к устранению блуждающих токов при обнаружении коррозии и последующей контрольной проверкой участков, на которых обнаружена коррозия, не реже одного раза в год;

запрещение при обслуживании и ремонте теплосетей производства работ в камерах и туннелях при температуре выше 50° без специальных мероприятий по снижению температуры в рабочей зоне; чередование работающих через промежутки времени не более 20 мин. при температуре в рабочей зоне от 40 до 50°;

производство ремонта и обслуживание оборудования в камерах тепловой сети при количестве рабочих не менее двух человек;

проверка отсутствия газа перед началом работ в камерах и каналах, подверженных опасности проникновения газа (в соответствии с «Правилами безопасности для персонала котельных, работающих на природном газе»);

запрещение производства работ по ремонту трубопроводов при избыточном давлении в них; обязательное отключение ремонтируемых

участков тепловой сети с запором замками отключающих задвижек и вентилей или постановкой заглушек с видимыми хвостовиками;

производство внутреннего осмотра не реже одного раза в 3 года и гидравлического испытания не реже одного раза в 6 лет теплоиспользующих установок, работающих под давлением свыше 0,7 *ати*, а также гидравлического испытания не реже одного раза в 3 года теплоиспользующих установок, недоступных внутреннему осмотру;

производство внеочередного гидравлического испытания и внутреннего осмотра теплоиспользующих установок после капитального ремонта или реконструкции, а также при бездействии их более 1 года;

заполнение водой бездействующих трубопроводов при сезонной консервации их; проведение мероприятий по увеличению возврата конденсата и улучшению его качества.

Системой планово-предупредительного ремонта теплотехнического оборудования предусмотрены текущий, средний и капитальный ремонты трубопроводов.

В объем текущего ремонта трубопроводов входят: осмотр их, снятие и постановка термометров и манометров, смена прокладок во фланцевых соединениях, набивка сальников арматуры без снятия ее, постановка маховичков на шпиндели, смена кожи у вентилей с разборкой и сборкой их, подтяжка сальников компенсаторов с добавлением набивки, ремонт конденсационных горшков без снятия их, очистка отстойников с исправлением дефектов и сменой прокладок.

При среднем ремонте выполняются все операции текущего ремонта и, кроме того, производятся: разборка, сборка, прочистка и промывка или замена отдельных участков трубопровода (не более 20% протяженности данного участка); прочистка арматуры со снятием крышек, набивкой сальников и сменой прокладок; притирка клапанов у вентилей или пробок у кранов, промывка трубопровода со спуском воды, заполнение водой и испытание трубопровода гидравлическим давлением, ремонт вентилей и сальниковых компенсаторов со снятием их с трубопровода, подтяжка и исправление неподвижных и подвижных опор, замена конденсационных горшков с предварительной разборкой и проверкой их работы, очистка и ремонт водоотделителей; прочистка, промывка, ремонт фильтров и редукционных клапанов.

В объем капитального ремонта трубопроводов входят: замена пришедшего в негодность трубопровода более 20% данного участка, наполнение водой и испытание трубопровода гидравлическим давлением с промывкой и спуском воды, прочистка и ремонт арматуры с разборкой ее и заменой отдельных деталей, прочистка и промывка конденсационных горшков с разборкой их и заменой или ремонтом деталей.

Сведения о периодичности ремонта трубопроводов приведены в разделе третьем (гл. VIII).

III. ОБОРУДОВАНИЕ И АРМАТУРА

1. ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛИ[1]

Емкие водоподогреватели

1) Горизонтальные водоподогреватели типа «Энергия» (рис. 20) предназначены для нагрева воды до температуры 80° с максимальным давлением первичного и вторичного теплоносителей 5 *ати*;

[1] Методы подбора водоподогревателей и определения необходимой поверхности теплообмена их в настоящем справочнике не рассматриваются.

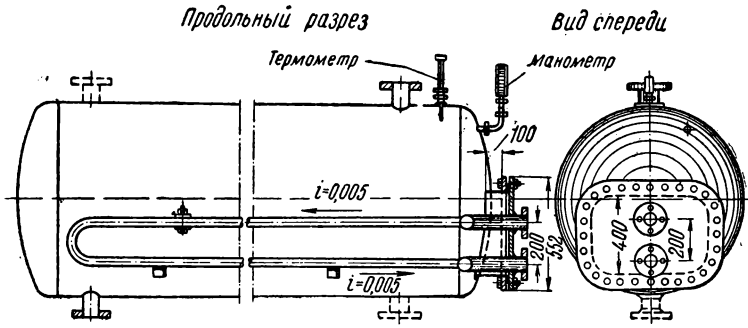


Рис. 20. Горизонтальный водоподогреватель типа „Энергия" № 4—7

Таблица 33

Характеристика водоподогревателей типа «Энергия»

№ п/п	Водоподогреватели			Змеевики					Вес в *кг*	
	емкость (общая) в *л*	внутренний диаметр корпуса в *мм*	длина в *мм*	№	диаметр труб в дюймах	диаметр подводящего патрубка в *мм*	длина в *мм*	поверхность нагрева в $м^2$	водоподогревателя без змеевика	змеевика
1	490	620	1 877	1—3	$1^1/_2$	53	1 435	1,18—1,98	221	40—53,4
2	683	620	2 502	1—5	$1^1/_2$	53	1 435—2 135	1,18—3,05	264	40—90,4
3	1 000	729	2 599	1—6	$1^1/_2$	53	1 435—2 135	1,18—3,75	310	40—109
4	1 485	920	2 806	3—6	$1^1/_2$	53	1 435—2 135	1,98—3,75	478	53,4—109
5	2 050	1 000	3 146	4—9	$1^1/_2$	53—80,5	2 135—2 400	2,43—5,3	587	73,5—165
6	3 250	1 140	3 752	5—12	$1^1/_2$	53—80,5	2 135—2 900	3,05—8,1	859	90,4—237
7	5 290	1 400	4 042	6—15	$1^1/_2$	53—80,5	2 135—3 100	3,75—10,5	1 230	109—303

2) Вертикальные водоподогреватели типа «Аккумулятор» также предназначены для нагрева воды до температуры 80° с максимальным давлением первичного и вторичного теплоносителей 5 *ати*.

Таблица 34

Характеристика водоподогревателей типа «Аккумулятор»

№ п/п	Водоподогреватели			Змеевики						Вес в *кг*	
	емкость (общая) в *л*	диаметр корпуса в *мм*	высота в *мм*	№	диаметр труб наружный и внутренний в *мм*	поверхность нагрева в $м^2$	число труб	длина витка в *мм*	ширина витка в *мм*	водоподогревателя без змеевика	змеевика
1	925	738	2 395	1—3	$d_н$=33,5	0,5—1,5	4—9	800	165—275	486	42—66
2	1 300	931	2 220	1—3	$d_в$=27	0,5—1,5	4—9	800	165—275	655	42—66
3	1 750	1 011	2 490	4—6	—	2—3	9—15	1 070—955	275—385	818	104—130

Скоростные водоподогреватели

Пароводяные скоростные подогреватели Промстройпроекта (рис. 21) серии О (двухходовые) предназначены для отопления и серии Г (четырехходовые) — для горячего водоснабжения с давлением пара не более 6 *ати* и воды не более 5 *ати*. Водоподогреватели изготовляются с ла-

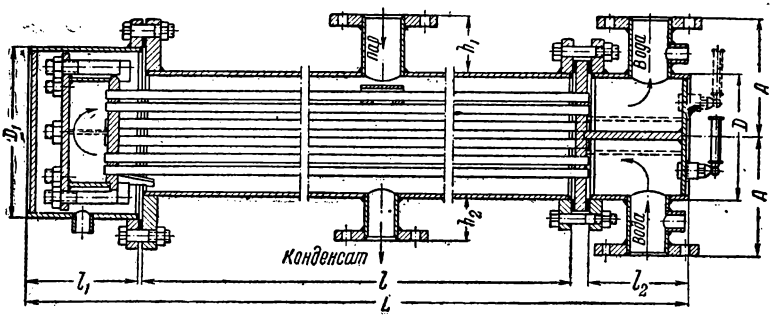


Рис. 21. Скоростные паро-водяные подогреватели серий О и Г Промстройпроекта

тунными или стальными трубками, по которым проходит вода; пар поступает в междутрубное пространство.

Водоподогреватели серии О предназначены для подогрева воды на 20—30° (до температуры 95°), а водоподогреватели серии Г — на 60—65° (до температуры 70—75°).

Подогреватели Теплосети Мосэнерго

Пароводяные подогреватели изготовляются односекционные из бесшовных труб $D_у$ =100 *мм*, поверхностью нагрева 1 *м*² при длине 2 *м* с нагревательными латунными трубками диаметром 14/16 *мм* и двухсекционные из бесшовных труб $D_у$=200 *мм*, поверхностью нагрева 4,6 *м*² с нагревательными стальными бесшовными трубами диаметром 40 *мм*. Вода в подогревателях проходит по трубкам, пар поступает в междутрубное пространство. Подогреватели рассчитаны на рабочее давление 6 *кг/см*².

Водоводяные подогреватели изготовляются шести типоразмеров из бесшовных труб $D_у$=89 ÷ 325 *мм* с количеством секций не более шести в одном подогревателе. Нагревательные трубки: латунные диаметром 12/14 и 14/16 *мм* или стальные диаметром 17/19 и 22/24 *мм*. Поверхность нагрева одной секции с латунными трубками 1,16 — 26,4 *м*² и со стальными трубками — 1,12—20,1 *м*².

Подогреватели рассчитаны на рабочее давление 10 *кг/см*² при температуре греющей среды не выше 120° и на давление 8 *кг/см*² при температуре греющей среды от 121 до 150°. Двухсекционные паро-водяные подогреватели рассчитаны на рабочее давление 6 *кг/см*².

Кроме указанных типов, водоподогреватели могут быть изготовлены по вновь разработанным чертежам и нормалям НИИ Сантехники (Москва) и Ленинградского филиала института Оргэнергострой.

Таблица 35

Характеристика скоростных паро-водяных водоподогревателей (серий О и Г Промстройпроекта)

№ корпуса	Общие данные	№ подогревателя	Размеры в *мм*									Поверхность нагрева трубок в $м^2$	Вес подогревателя в *кг*		Живое сечение трубок в одном ходу в $м^2$		Живое сечение междутрубного пространства подогревателей в $м^2$
			l_1	l_2	наружный диаметр патрубков для воды и пара	наружный диаметр патрубков для конденсата	h_1	h_2	l	L	A		отопительного О	для горячего водоснабжения Г	двухходовых подогревателей	четырехходовых подогревателей	
1	$D=219$ *мм* $D_1=299$ „ Число трубок 32 шт.	1 2 3 4 5	200	200	76	60	100	75	900 1 200 1 600 2 000 2 400	1 330 1 630 2 030 2 430 2 830	210 210 210 210 210	1,47 1,93 2,56 3,18 3,8	186 205 228 252 277	193 212 235 259 284	0,0024	0,0012	0,026
2	$D=273$ *мм* $D_1=351$ „ Число трубок 56 шт.	6 7 8 9	200	220	89	76	100	85	1 200 1 600 2 000 2 400	1 649 2 049 2 449 2 849	237 237 237 237	3,38 4,47 5,06 6,66	279 312 346 381	286 319 353 388	0,0043	0,0022	0,04
3	$D=426$ *мм* $D_1=540$ „ Число трубок* 172 шт.	10 11 12 13 14	300	320	102	89	150	100	900 1 200 1 600 2 000 2 400	1 560 1 860 2 260 2 660 3 060	363 363 363 363 363	7,87 10,4 13,75 17,1 20,4	632 692 772 853 934	651 711 791 872 953	0,0132	0,0066	0,092

* Трубки латунные диаметром 14/16 *мм* или стальные диаметром 14/17 *мм*.
Стальные трубки быстро приходят в негодность.

Прямоугольные баки со змеевиковым подогревом

Наиболее простыми водонагревателями являются баки со змеевиком.

Таблица 36

Прямоугольные металлические баки со змеевиками (рис. 22)

№ бака	Емкость в *л*	Размеры бака в *мм*			Поверхность змеевика в $м^2$ при давлении пара				Вес бака без змеевика в *кг*
					>0,7 *ати*		<0,7 *ати*		
		А	*Б*	*Н*	Температура нагрева воды в град.				
					35	70	35	70	
16	1 000	1 400	800	1 000	0,29	0,516	0,304	0,775	161,2
17	1 250	1 180	1 200	1 000	0,29	0,637	0,334	0,972	189,3
18	1 500	1 400	1 200	1 000	0,304	0,775	0,41	1,15	212,3
19	2 000	1 520	1 200	1 200	0,395	1,03	0,53	1,52	256,6
20	3 000	2 300	1 200	1 200	0,62	1,52	0,82	2,27	346,7

Поверхность нагрева змеевиков определеча из условия двухчасового нагрева воды.

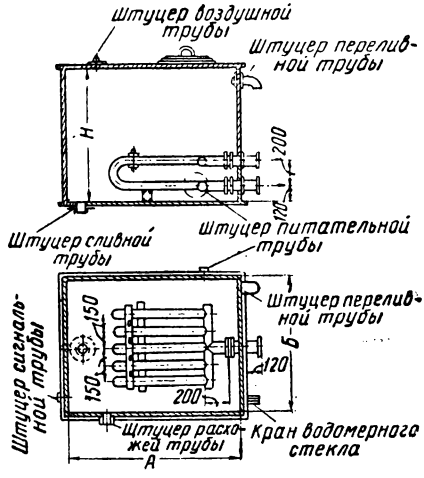


Рис. 22. Бак со змеевиком для нагрева воды

На рис. 22 показан змеевик, предназначенный для нагрева воды до 70°.

При установке водоподогревателей следует учитывать возможность свободного вытаскивания змеевиков при ремонте.

Для уменьшения теплопотерь водоподогреватели должны быть снаружи изолированы.

2. НАСОСЫ

Общие сведения по насосам

Полный напор, создаваемый насосом при подъеме жидкости, равен сумме высот всасывания, нагнетания и потерь напора в трубопроводе (всасывающем и нагнетательном).

При установке насоса в замкнутом циркуляционном кольце трубопровода полный напор, создаваемый циркуляционным насосом, должен быть равен сумме гидравлических сопротивлений циркуляционного кольца трубопровода.

Полная (вакуумметрическая) высота всасывания (расстояние по вертикали от уровня жидкости до оси насоса плюс гидравлические сопротивления во всасывающем трубопроводе) зависит от величины атмосферного давления, производительности и числа оборотов насоса, температуры, удельного веса и вязкости жидкости.

Практически высоту всасывания воды с температурой до 30° рекомендуется принимать не более 4—5 *м*. При перекачке горячей воды с температурой 70—80° должен быть подпор у отверстия всасывающего патрубка насоса около 0,5—1 *м* (работа под заливом).

В каталогах насосов высота всасывания указана при атмосферном давлении, равном 10 *м* вод. ст. для воды с температурой до 20°. Вакуумметрическая высота всасывания соответствует показанию вакуумметра, отнесенному к оси насоса.

При перекачке воды с более высокой температурой и других жидкостей при атмосферном давлении, отличающемся от нормального, указанная в каталоге допустимая высота всасывания для насоса должна быть пересчитана по формуле

$$H_{вс}^{иск} = H_{вс}^{доп} - 10 + H_б - h_{п.ж}\ м,$$

где $H_{вс}^{доп}$ — допустимая высота всасывания, гарантируемая заводом (по каталогу), в *м* вод. ст.;

$H_б$ — барометрическое давление в месте установки насоса, выраженное в *м* столба перекачиваемой жидкости;

$h_{п.ж}$ — давление насыщенных паров в *м* столба перекачиваемой жидкости.

Если насос будет работать при другом числе оборотов n_1 в 1 мин., то новая высота всасывания подсчитывается по выражению

$$H_{вс}^{иск} = 10 - \left(10 - H_{вс}^{доп}\right)\left(\frac{n_1}{n}\right)^2.$$

Мощность, потребляемая на валу насоса (эффективная), определяется по формуле

$$N_э = \frac{QH\gamma}{75\eta_н}\ л.с.,$$

где Q — производительность насоса в $м^3/сек$;

H — полный напор насоса в *м*;

$\eta_н$ — к. п. д. насоса по данным каталога (учитывающий механические и гидравлические потери);

γ — объемный вес жидкости в $кг/м^3$.

Мощность электродвигателя подсчитывается по формуле

$$N = \frac{QH\gamma}{102\eta_н\eta_п} \text{ квт},$$

где $\eta_п$ — к. п. д. передачи (ременной передачи 0,90—0,95).

Мощность электродвигателя рекомендуется принимать с запасом на случай перегрузки его за счет неучтенных или меняющихся условий работы насоса в следующих размерах (в %):

при мощности до 1 *квт*	100
„ „ от 1 до 2 *квт*	50
„ „ „ 2 „ 5 „	20
„ „ „ 5 „ 50 „	10
„ „ более 50 „	5

Центробежные насосы

Пересчет числа оборотов насоса на другую производительность в небольших пределах производят исходя из зависимости между числом оборотов, производительностью, напором и мощностью:

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{n}{n_1}; \qquad \frac{H}{H_1} = \frac{n^2}{n_1^2}; \qquad \frac{N}{N_1} = \frac{n^3}{n_1^3},$$

где Q, H и N — соответственно производительность, напор и мощность при числе оборотов n;

Q_1, H_1, N_1 — то же, при числе оборотов n_1.

При значительных изменениях числа оборотов указанная зависимость нарушается.

В каталогах насосов приводится оптимальный режим работы насоса при наибольшем к. п. д.; при этом необходимо иметь в виду возможность регулирования производительности насоса.

3. ВОДОСТРУЙНЫЕ ЭЛЕВАТОРЫ И СХЕМЫ ПРИСОЕДИНЕНИЯ К ТЕПЛОВЫМ СЕТЯМ[1]

Водоструйные элеваторы устанавливаются в местах присоединения теплопотребителей к тепловым сетям (абонентских вводах). В элеваторах происходит смешение перегретой воды, поступающей из теплосети, с частью охлажденной воды, поступающей из местной системы; остальная часть охлажденной воды, возвращающаяся из системы абонента, поступает в обратный циркуляционный трубопровод теплосети. На рис. 23 показана схема присоединения теплопотребителя к тепловой сети с перегретой водой, на рис. 24 — схема присоединения теплопотребителя к паропроводной сети.

По схеме на рис. 23 часть перегретой воды из теплосети поступает в местную систему помимо элеватора (к калориферам вентиляции, водоподогревателям горячего водоснабжения).

По схеме на рис. 24 часть пара из теплосети поступает в местную систему помимо редукционного клапана.

[1] Метод подбора элеваторов в настоящем справочнике не рассматривается.

Таблица 37

Центробежные насосы

Назначение насоса	Насосы									
	марка насоса	производительность в $м^3/час$	полный напор в *м*	скорость вращения в об/мин	род привода[а]	вакуумметрическая высота всасывания в *м*	внутренний диаметр патрубка в *мм*		вес в *кг*	электродвигатели
							входного	напорного		рекомендуемая мощность в *квт*
Насосы типа К (консольные горизонтальные с односторонним подводом жидкости к рабочему колесу; буквы «а» и «б» добавляются к маркам насосов с обрезанным колесом)										
Для перекачки чистой воды с температурой до 105°	$1\frac{1}{2}$К-6	6—14	20,3—14	2 900	РП и НС[1]	6,6—6	40	32	30[2](74)	1,7
	$1\frac{1}{2}$К-6а	5—13,5	16—11,2			6,5—6,1				
	$1\frac{1}{2}$К-6б	4,5—13	12,8—8,8			6,4—6,3				
	2К-6	10—30	34,5—24	2 900	„	8,7—5,7	50	40	35(103; 95)	4,5
	2К-6а	10—30	28,5—20			8,7—5,7				2,8
	2К-9	11—22	21—17,5	2 900	„	8—6,4	50	40	31(85; 75)	2,8
	2К-9а	10—21	16,8—13,2			8,1—6,5				1,7
	3К-6	30—70	62—44,5	2 900	„	7,7—4,7	80	50		14 20
	3К-9	30—54	34,8—27	2 900	„	7—2,9	80	50	50(150; 120)	7 4,5
	4К-6	65—135	98—72,5	2 900	„	7,1—4	100	70	138(443; 578)	40 55

	4К-8	70—120	59—43	2 900	То же	5,3—3,8	100	70	116 (331; 398)	20 28
	4К-12	65—120	37,7—28	2 900	„	6,7—3,3	100	80	108 (308; 323)	14 20
	4К-18	60—100	25,7—18,9	2 900	„	5,4—4,2	100	80	56 (156; 128)	7 4,5
	6К-8	110—190	36,5—31	1 450	„	6,6—5,4	150	100	166 (471; 446)	28 20
Насосы типа ЦНШ (консольные горизонтальные с односторонним подводом жидкости к рабочему колесу)										
Для перекачки чистой воды с температурой до 80°	ЦНШ-40	8—12,6 10,8—24	6—4 26—18	1 410 2 870	НС „	8	50	40	28 (72; 95)	1 4,5
	ЦНШ-65	26—37 30—70	6—4 30—20	1 420 2 890	„ „	7	76	65	42 (109; 179)	2,8 10
	ЦНШ-80	28—49 50—103	10—6 38—24	1 420 2 925	„ „	6	80	80	45 (112; 224)	2,8 14
Насосы типа $НД_в$ с горизонтальным разъемом корпуса и двухсторонним подводом жидкости к рабочему колесу)										
Для перекачки чистых жидкостей с температурой до 100°	$4НД_в$	180—126 108—90	97—94 22—24	2 950 1 450	НС „	2—4 7	150	100	180	75—55 14
	$5НД_в$	250—126	31—30	1 450	„	4,6—7,3	150	125	270	40—20
Насосы типа В (вихревые) и ВС (вихревые самовсасывающие)[4]										
Для перекачки воды и других жидкостей вязкостью до 5°*E* (не содержащих абразивных примесей) с температурой до 90°	1В-09	1—2,5	37—9,5	1 490	НС	6,5	25	32	$\frac{42^3}{45}$	1—1,7
	1,5В-1,3	3—6	58—23	1 490	„	6,5—5	40	40	$\frac{45}{48}$	2,8—4,5
	2В-1,6	6—10	54—26	1 450	„	6—4	50	50	$\frac{48}{51}$	4,5

Продолжение табл. 37

Назначение насоса	Насосы									Электродвигатели
	Марка насоса	Производительность в $м^3/час$	Полный напор в $м$	Скорость вращения в об/мин	Род привода	Вакуумметрическая высота всасывания в $м$	Внутренний диаметр патрубка в $мм$		Вес в $кг$	рекомендуемая мощность в $квт$
							входного	напорного		
Для перекачки воды и других жидкостей вязкостью до 5°E (не содержащих абразивных примесей) с температурой до 90°	2,5В-1,8	11—17	60—30	1 450	НС	5,5—4	60	60	55/58	7—10
	3В-2,7	20—35	90—40	1 450	То же	4,5—3,5	70	70	60/65	28
Насосы типа ЛК (лопастные консольные самовсасывающие)										
Для перекачки воды и других жидкостей вязкостью до 5° E (не содержащих абразивных примесей) с температурой до 90—120°	ЛК-5-15	5—13	60—22	1 450	РПиНС	4	50	50	67	4,3
	ЛК-15-12	12—22	50—12	1 450	То же	5	80	70	52	5,8
	2ЛК-5-15	9—13	79—40	1 450	„	4	50	50	102	7,8

Для перекачки конденсата с температурой до 120° применяются конденсатные и конденсатно-бойлерные горизонтально-разъемные насосы следующих марок:

$2^1/_2$ КС-5×2	производительностью	6—19	$м^3/час$,	напором	25—57	$м$
3КС-6×2	„	14,5—27	„	„	32—66,5	„
5КС-5×2	„	30—65	„	„	35—61,5	„
5КС-5×4	„	30—60	„	„	69,5—118	„
8КсД-5×3	„	75—140	„	„	96—128	„
8КсД-10×3	„	65—160	„	„	27—84	„

[1] РП—ременная передача, НС—непосредственное соединение с электродвигателем.

[2] В скобках указан вес насоса с электродвигателем и плитой.

[3] Цифры в числителе относятся к насосам типа В, в знаменателе— к насосам типа ВС.

[4] Технические данные насосов типа ВС такие же, как и у насосов типа В, за исключением напора, который у насосов ВС на 1—2 $м$ меньше, чем у насосов В; кроме того, мощность на валу насосов 3ВС-2,7 на 2 $квт$ больше, чем у насосов 3В-2,7. Насосы ВС при залитом корпусе могут работать при вакуумметрической высоте всасывания до 4 $м$.

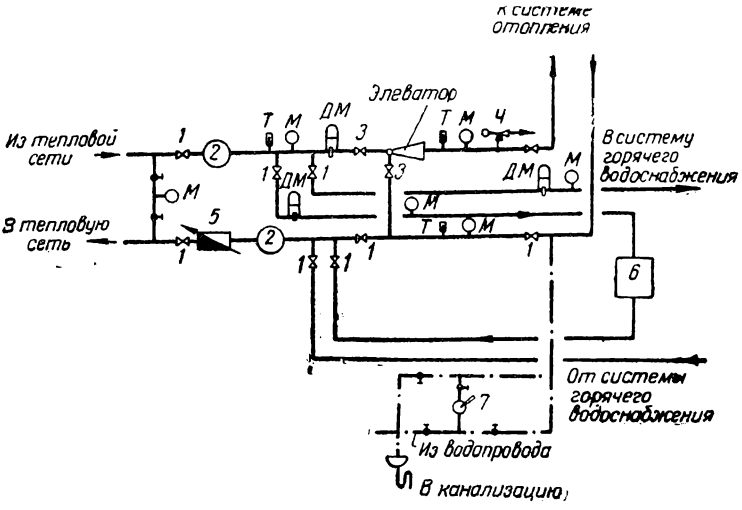


Рис. 23. Схема присоединения теплопотребителя к тепловой сети с перегретой водой (абонентского ввода)

1—задвижки; *2* — грязевики; *3* — регулировочные вентили; *4* — предохранительный клапан; *5* — водомер; *6* — калориферы вентиляции; *7* — ручной насос

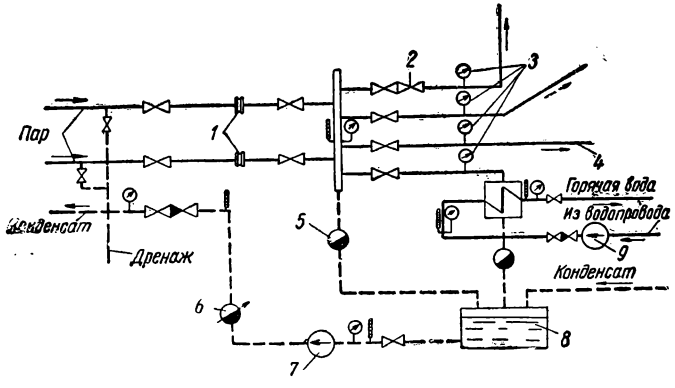


Рис. 24. Схема присоединения теплопотребителя к паропроводной сети

1 — диафрагмы; *2* — редуктор; *3* — манометры; *4* — водоподогреватель; *5* — конденсационный горшок; *6* — водомер; *7* — конденсатный насос; *8* — конденсатный бак; *9* — водяной насос

Водоструйные элеваторы применяются чугунные и стальные. Чугунный элеватор по типу стального элеватора конструкции ВТИ имени Дзержинского показан на рис. 25. Характеристика этих элеваторов приведена в табл. 38. Стальные элеваторы применяются также типа ОРГРЭС, тепловой сети Мосэнерго и Центроэнергостроя.

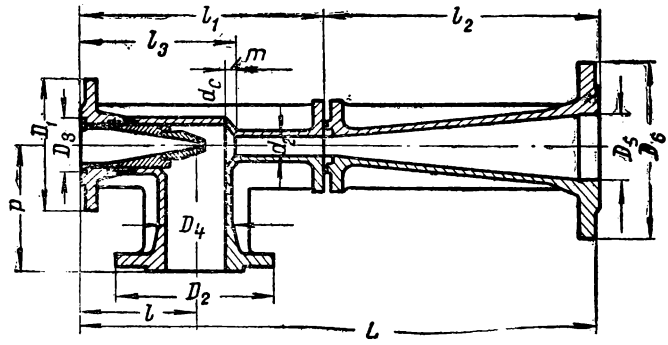


Рис. 25. Водоструйный элеватор чугунный № 3 — 7

При возможном падении давления в водяной тепловой сети ниже статического давления в местной системе необходима установка на абонентском вводе (см. рис. 23) обратных клапанов. Рекомендуется применять на вводах регуляторы расхода, давления и температуры.

Таблица 38

Основные размеры и вес водоструйных чугунных элеваторов (по ТУ 237-55) (рис. 25)

№ элеватора	Размеры в *мм*														Вес в *кг*
	d_2	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	l	l_1	l_2	l_3	L	p	m	
1	15	145	160	45	51	51	160	90	207	218	128	425	110	13	12,5
2	20	145	160	45	51	51	160	90	227	198	128	425	110	13	12,5
3	25	160	185	57	70	82	195	135	298	327	183	625	155	13	23,5
4	30	160	185	57	70	82	195	135	321	304	181	625	155	11	24,8
5	35	160	185	57	70	82	195	135	343	282	178	625	155	8	25
6	47	195	215	89	100	100	215	180	466	254	246	720	175	16	39,2
7	59	195	215	89	100	100	215	180	462	258	242	720	175	12	40,4

Примечание. Элеваторы изготовляются на рабочее давление до 10 *кг/см*^{2}.

4. АРМАТУРА ТРУБОПРОВОДОВ

Редукционные клапаны

Редукционные клапаны (редукторы) служат для снижения давления пара.

Площадь отверстия редукционного клапана определяется по формуле

$$f = \frac{G}{g} \text{ см}^2,$$

где G — количество пропускаемого через редуктор пара в *кг/час* при давлении до редуктора p_1 и после редуктора p_2;

g — теоретический расход пара в *кг/час* через 1 *см*^{2} сечения редуктора, определяемый по номограмме (рис. 26).

Пример подбора редуктора. Дано: $G = 800$ *кг/час*, $p_1 = 5{,}5$ *ата*, $p_2 = 3{,}5$ *ата*; пар насыщенный. Из точки *Б*, соответствующей значению $p_2 = 3{,}5$ *ата*, восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с кривой *АВ*, соответствующей значению $p_1 = 5{,}5$ *ата*. Полученной точке *В* соответствует g — 168 *кг/час см*^{2},

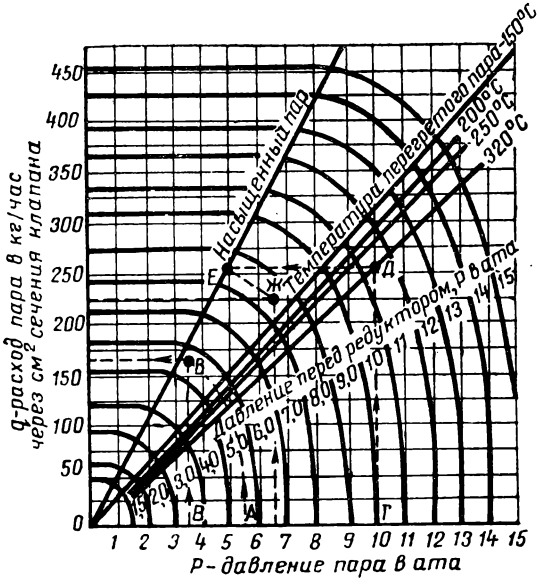


Рис. 26. Номограмма для подбора редукционных клапанов

тогда

$$f = \frac{800}{168} = 4{,}7 \text{ см}^2.$$

По табл. 39 принимаем редуктор $d = 50$ *мм*.

Редукционные клапаны устанавливаются на горизонтальных участках паропровода.

Подбор редукционного клапана должен производиться с таким расчетом, чтобы отношение давлений до и после клапана было не более 5—7. При большем соотношении давлений необходимо устанавливать два редукционных клапана.

Редукционный клапан должен иметь обводную линию с двумя вентилями или задвижками. После редукционного клапана должен быть установлен предохранительный клапан.

Таблица 39

Размеры редукционных клапанов

Диаметр условного прохода d_y в *мм*	Площадь сечения в *см²*	Вес в *кг* (чугунных)
25	2	11
50	5,3	30
80	13,2	57,4
100	23,5	83,6
125	36,8	168
150	52,2	221

Для трубопроводов тепловых сетей применяется арматура стальная, чугунная (табл. 40) и из цветных сплавов.

Таблица 40

Допустимые пределы применения арматуры из серого чугуна (не ниже марки СЧ15-32 по ГОСТ 1412-54)

Давление среды (избыточное) не более *кг/см²*	13	13	13	8	8	8	5	5	2,5	2,5
Температура среды в град. не выше	300	200	150	300	200	150	300	200	300	200
Диаметр условного прохода арматуры в *мм* не более	200	400	500	300	500	600	500	1 000	800	Независимо от диаметра

Арматура из ковкого чугуна марки КЧ30-6 (по ГОСТ 1215-41) с диаметром условного прохода до 80 *мм* допускается для работы при температуре среды до 400° и давлении до 40 *кг/см²* и с диаметром условного прохода свыше 80 до 100 *мм* — при температуре среды не выше 300° и давлении до 25 *кг/см²*.

Применение чугунной арматуры при температуре теплоносителя 250° и выше не рекомендуется.

Чугунную арматуру на участках трубопроводов с естественной компенсацией или с гнутыми компенсаторами необходимо защищать от изгибающих напряжений направляющими опорами.

Установка вентилей и задвижек шпинделем вниз не допускается. Арматура должна быть покрыта изоляцией.

Технические данные о трубопроводной арматуре приведены в разделе втором.

Эксплуатация и ремонт арматуры

Использование запорной арматуры для дросселирования не рекомендуется. Для полного закрытия затвора не следует применять чрезмерных усилий. Рекомендуется после закрытия до отказа приоткрыть затвор на 1—2 *мм* и через 1 мин. снова закрыть и приоткрыть, повторив это два-три раза, после чего нормально закрыть затвор.

Предохранительный клапан должен иметь опору помимо подводящей трубы; выхлопную трубу опирать на клапан не следует. Рычаги предохранительных клапанов должны стоять точно на ребре, без перекосов, при строго вертикальном положении шпинделя. Все три опорные точки рычага должны находиться на одной горизонтальной прямой.

Притирку уплотнительных поверхностей арматуры следует применять при глубине повреждений не более 0,05 *мм*. Более глубокие повреждения целесообразно сначала выводить на станках резцовыми приспособлениями или шлифовальными дисками, а затем производить притирку с доводкой поверхности до необходимой чистоты специальным доводочным притиром.

Притирка уплотнительных поверхностей арматуры производится с помощью специальных притиров (дисков, плит, барабанов), изготовляемых из перлитного чугуна, а при отсутствии его — из серого чугуна марки СЧ-28 с предварительной термообработкой. В качестве притирочного материала используются абразивные порошки, подразделяющиеся по зернистости на три группы: шлифзерно с номерами зернистости от 10 до 90; шлифпорошки — от 100 до 320 и микропорошки — от М28 до М5.

При притирке и особенно при доводке необходима обильная смазка поверхностей.

Перед притиркой и после каждой смены притирочного материала рабочую поверхность притира и притираемую уплотнительную поверхность арматуры следует промывать бензином и насухо вытирать.

Качество притирки проверяется «на масло» (на отблеск), по отпечаткам краски или по рискам карандаша.

Сведения о притирочных материалах и материалах смазки при притирке арматуры приведены в разделе втором.

Для вывода повреждений в корпусах вентилей, обратных и предохранительных клапанов рекомендуется применять: при глубине повреждений от 0,5 до 0,2 *мм* — крупнозернистый абразивный шлифовальный или чугунный диск с наклеенным наждачным полотном крупного номера, а при глубине повреждений менее 0,2 до 0,05 *мм* — мелкозернистый абразивный диск и наждачное полотно мелкого номера.

Диски и приспособления, используемые при ремонте арматуры, следует применять с пневматическими и электрическими машинками или с притирочными пистолетами.

Шпиндели арматуры необходимо содержать в чистоте, покрывая резьбы серебристым графитом, сухим или смешанным с водой. Закипевшие тугие шпиндели следует очищать от нагара, промывать керосином, покрывать графитной смазкой и периодически расхаживать в резьбе втулки.

При выведении коррозийных пятен следует применять наждачную резину или окись хрома, разведенную в чистом шлифовальном масле.

В предохранительных клапанах зазор между направляющими перьями (крыльями) и седлом не должен превышать 0,5 *мм* по диа-

метру. Изношенные крылья при большем зазоре следует наплавлять и протачивать, уменьшая зазор в седле по диаметру до 0,2—0,3 *мм*.

Асбестовый шнур для набивки должен быть плотно сплетен в жгут квадратного сечения толщиной на 5—10% больше радиального зазора между шпинделем и стенкой сальниковой камеры. Закладывается шнур отдельными кольцами с косыми стыками вразбежку, с обжатием каждого кольца. При набивке сальника втулка (при полностью обжатой набивке) должна быть опущена в гнездо не более чем на 10—15 *мм*. Чрезмерная затяжка сальника вызывает зажатие шпинделя и резко сокращает срок службы набивки.

Для пропитки набивки рекомендуется применять смесь из чешуйчатого серебристого графита (по ГОСТ 5279-50) и цилиндрового масла (вискозин № 7), добавляемого в количестве 10% от веса графита. Пропитанная набивка подогревается до полного выделения масла (225—250°).

Сведения о различных сальниковых набивках приведены в разделе втором.

РАЗДЕЛ ШЕСТОЙ

ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1. ПРИНЦИП РАБОТЫ

По характеру процесса, совершающегося в цилиндрах, двигатели внутреннего сгорания разделяются на три группы: двигатели быстрого сгорания (цикл Отто), двигатели постепенного сгорания (цикл Дизеля) и двигатели смешанного сгорания (цикл Саботэ).

По конструктивному выполнению различаются двигатели четырехтактные и двухтактные.

По способу воспламенения топлива двигатели разделяются на две группы:

с зажиганием от постороннего источника: карбюраторные и газовые двигатели — от электрической искры, калоризаторные — от запального шара;

с самовоспламенением топлива, впрыскиваемого в нагретый вследствие большого сжатия воздух, — все дизельные двигатели.

По способу продувки цилиндров двухтактные двигатели могут быть:

а) с кривошипно-камерной продувкой (преимущественно стационарные двигатели);

б) с прямоточной продувкой от специального вентилятора (дизельные двигатели транспортного типа и быстроходные стационарные).

В карбюраторных двухтактных двигателях продувка производится рабочей смесью, что вызывает увеличение удельного расхода топлива, поэтому такие двигатели в крупных единицах не строятся.

2. МОЩНОСТЬ И КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ

При сгорании топлива в цилиндрах двигателя в полезную работу превращается примерно от 12 до 40%, остальное тепло уносится в виде потерь: с охлаждающей водой 25—30%, с отработанными газами 30—45%; на трение, лучеиспускание и пр. тратится 5—13%.

Мощность, развиваемая газами, полученными от сгорания топлива внутри цилиндров двигателя, называется индикаторной и может быть подсчитана согласно ГОСТ 491-55 по формулам:

для четырехтактных

$$N_i = \frac{p_i V_{дв} n}{900} \text{ л.с.};$$

для двухтактных

$$N_i = \frac{p_i V_{дв} n}{450} \text{ л.с.},$$

где N_i — индикаторная мощность в *л. с.*;
p_i — среднее индикаторное давление за рабочий ход в *кг/см²*, определяемое по индикаторной диаграмме;
$V_{дв}$ — рабочий объем всех цилиндров в *л*;
n — число оборотов двигателя в мин.

Эффективная (полезная) мощность $N_э$ на валу двигателя меньше индикаторной на величину потерь в двигателе на трение и на величину затраты мощности для приведения в действие вспомогательных механизмов двигателя (насосов, вентилятора, распределительного механизма и др.).

Отношение эффективной мощности к индикаторной называется механическим коэффициентом полезного действия двигателя $\frac{N}{N_i} = \eta_{мех}$; величина его колеблется от 0,86 у двигателей малой мощности до 0,80 у крупных двигателей.

Номинальной или максимально длительной мощностью называется такая, при которой двигатель может работать вполне надежно без вреда для основных узлов машины, не подвергаясь усиленному износу. Эта мощность показывается в заводских паспортах двигателей.

Индикаторным коэффициентом полезного действия η_i называется отношение тепла, превращенного в индикаторную работу, ко всему теплу, полученному от затраченного за то же время топлива, и подсчитывается по формуле

$$\eta_i = \frac{632}{q_i Q_н^р}.$$

Эффективным или экономическим коэффициентом полезного действия $\eta_э$ называется отношение тепла, превращенного в полезную работу на валу двигателя, ко всему теплу, полученному от затраченного за этот период топлива; подсчитывается он по формуле

$$\eta_э = \frac{632}{q_{эф} Q_н^р},$$

где 632 — тепловой эквивалент 1 *л. с. ч.*;
q_i — расход топлива в *кг* на 1 индикаторную *л. с. ч.*;
$q_{эф}$ — расход топлива в *кг* на 1 эффективную (полезную) *л. с. ч.*;
$Q_н^р$ — низшая теплотворная способность топлива в *ккал/кг*.

У двигателей современных конструкций экономический к. п. д. при номинальной нагрузке имеет следующие величины:

у нефтяных калоризаторных двигателей с малыми степенями сжатия	0,15—0,17
у газовых двигателей	0,15—0,22
у карбюраторных двигателей	0,18—0,22
у дизельных	0,3 —0,37—0,4

Расход топлива на 1 эффективную *л. с. ч.* зависит от режима работы двигателя: при уменьшении нагрузки часовой расход топлива двигателем уменьшается, но удельный расход топлива на 1 эффективную *л. с. ч.* возрастает; экономический к. п. д. двигателя уменьшается.

Заводы-изготовители указывают минимальные удельные расходы топлива на 1 *л. с. ч.* при работе двигателя только на номинальной мощности; в эксплуатационных условиях этот расход может резко колебаться в зависимости от нагрузки.

Таблица 1

Средний расход топлива в *г* двигателями внутреннего сгорания на 1 эффективный *л. с. ч.* при различных нагрузках

Типы двигателя	Мощность в *л. с.*	Степень нагрузки в %			
		100	75	50	25
Керосиновые, нефтяные и пр.	10—20	360	410	500	700
	20—40	340	410	500	620
	50—100	320	370	450	580
Бензиновые, лигроиновые	10—20	300	340	420	580
	20—40	290	330	400	520
	50—100	260	280	350	450
Дизельные	10—20	210	220	260	360
	20—40	200	210	230	300
	50—100	190—180	200	220	290

3. КАРБЮРАТОРНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Таблица 2

Характеристика карбюраторных двигателей автотракторного типа

Показатели	Марка двигателя					
	ГАЗ-МК	ГАЗ-51	ЗИС-5 и ЗИС-5 м*	ЗИЛ-120	1-МА	У-5
Вертикальные однорядные в одном блоке						
Число цилиндров	4	6	6	6	4	4
Диаметр цилиндра в *мм*	98,43	82	101,6	101,6	125	100
Ход поршня в *мм*	107,95	110	114,3	114,3	152	120
Рабочий объем цилиндров в *л*	3,28	3,48	5,55	5,55	7,46	4,56
Степень сжатия	4,6	6,2	4,7 (5,3)	6	4	4,54
Номинальная мощность в *л. с.*	32	70	73 (76)	82	52	40
Число об/мин при номинальной мощности	1 300	2 800	2 300 (2 400)	2 400	1 250	1 400
Материал поршней	Алюминиевый сплав		Алюминиевый сплав (чугун)	Алюминиевый сплав	Чугун	Чугун и алюминиевый сплав
Конструкция коленчатого вала	С противовесами		Без противовесов	С противовесами	—	—
Число коренных подшипников	3	4	7	7	5	3
Упорный подшипник (от вентилятора)	Задний	Передний	Задний	Передний	—	—
Регулировочные данные (для прогретого двигателя)						
Зазор всасывающих клапанов в *мм*	0,25—0,3	0,25—0,3	0,15—0,2	0,2—0,25	0,3—0,35	0,3—0,33
„ выхлопных „ „ „	0,4 —0,45	0,3—0,35	0,2—0,25	0,2—0,25	0,3—0,35	0,3—0,35
Тип карбюратора	КБ-14	К-49, К-49А и К-22Г	МКЗ-6 (МКЗ-6В)	МКЗ-14 и МКЗ-16А (К-80)	ЛКЗ-50В и К20-А	К-14
Топливо	Автобензины А-66 и А-72				Керосин	Бензин
Система смазки	Комбинированная	Под давлением с двойной очисткой, имеется маслорадиатор	Комбинированная	С двойной очисткой	Комбинированная	Комбинированная

Продолжение табл. 2

Показатели	Марка двигателя					
	ГАЗ-МК	ГАЗ-51	ЗИС-5 и ЗИС-5 м*	ЗИЛ-120	1-МА	У-5
Давление масла при прогретом двигателе и нормальных оборотах в *кг/см²*	0,8—1,4	2—4	1,2—1,5	1,8—2	1—2,5	0,8—1,5
Температура охлаждающей воды на выходе в град.	80	85—90	85	85—90	75—80	75—80
Емкости в *л*:						
а) заводского топливного бака	40—60	90—105	60	150	170/9	—
б) картера двигателя	4,7	7	7	8,5	18	8
в) коробки передач	1,5—2,75	3,3	8	6	—	—
г) системы охлаждения	12,3	14,5—16	23	21	55 (радиатор 27)	28
Минимальный расход горючего при номинальной мощности в *г/л. с.-ч.*	280	270	295 (290)	260—255	315—320	300
Сухой вес двигателя в *кг* (без сцепления и коробки передач)	182	250	410	430	720	550
Электрооборудование двигателей						
Стартерная аккумуляторная батарея	3СТ-70	2×3СТ-70	3СТЭ-112	6СТ-68 или 6СТЭ-128	—	—
Электрогенератор (динамомашина постоянного тока)	ГБФ-4105	Г-20 и Г-21	ГБФ-4600	Г-15Б	Г-30А2	—
Напряжение в *в*	6	12	6	12	6	—
Мощность в *вт*	60—80	220	80	235	60	—
Электростартер	МАФ-4006	СТ-8	МАФ-4007	СТ-15	—	—
Мощность в *л. с.*	0,8—0,9	1,7	0,8—0,9	1,8	—	—
Прерыватель-распределитель	ИГФ-4003	Р-20 и Р-23	ИРЦ-4221 и Р-16 (Р-31)	Р-21	Магнето СС-4827 или М-18	—
Запальные свечи	НМиМ 15/15	НМ12/10 летом и НМ12/12 зимой	М20/20 для новых—НМ12/15В и НМ15/15В	НА11/11 летом и НА11/14 зимой	М20/20	—

Примечание. Обозначение метрической резьбы свечей: М-18 *мм*; А-14 *мм*; Т-10 *мм*; *Н*—неразборная свеча.

* Данные в скобках относятся только к двигателю ЗИС-5 м.

4. БЕСКОМПРЕССОРНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ ДИЗЕЛЬНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Таблица 3

Характеристика дизельных двигателей автотракторного и транспортного типа

Показатели	Марка двигателя					
	ЯАЗ-204* (рис. 1.)	КДМ-46 (рис. 2, 3, 4) и КДМ-100	Д-54	Д-35	Д-6 (рис. 5, 6)	Д-12 и В2-300
Тип двигателя	Вертикальный двухтактный с прямоточной продувкой	Четырехтактный вертикальный				Двухрядный, цилиндры под углом 60°
Распыливание	Непосредственное струйное	Предкамерное	Вихрекамерное		Непосредственное струйное	
Число цилиндров	4	4	4	4	6	12
Диаметр цилиндра в *мм*	108	145	125	100	150	150
Ход поршня в *мм*	127	205	152	130	180	Левый 180, правый 186,7
Объем цилиндров в *л*	4,65	13,52	7,45	4,08	19,1	38,88
Степень сжатия	16	15,5	16	17	15	15
Номинальная мощность при максимальном числе оборотов в *л. с.*	110—112	80—90**	54	35—37	150	300
Число об/мин, соответствующее номинальной мощности	2 000	1 000—1 050	1 300	1 400	1 500	1 500
Материал поршня	Ковкий чугун луженый	—	Алюминиевый сплав		—	—

* Выпускаются также двигатели ЯАЗ-203 трехцилиндровые мощностью 84 *л. с.*, ЯАЗ-206 шестицилиндровые мощностью 168—200 *л. с.* (модифицированный ЯАЗ-206А и ЯАЗ-206Б—транспортные, ЯАЗ-206Д—судовой).

** Мощность у КДМ-100 доведена до 90 *л. с.* за счет увеличения числа оборотов и подачи топлива и воздуха.

В модернизированном двигателе КДМ-130 применен наддув (с использованием отработавших газов). Мощность доведена до 135 *л. с.*, двигатель оборудован стартерным пуском.

Показатели	Марка двигателя					
	ЯАЗ-204* (рис. 1)	КДМ-46 (рис. 2, 3, 4) и КДМ-100	Д-54	Д-35	Д-6 (рис. 5, 6)	Д-12 и В2-300
Число коренных подшипников	5	5	5	5	7	7
Регулировочные данные для прогретого двигателя:						
зазор всасывающих клапанов в *мм*	Клапанов нет	0,2	0,25	0,25	2,34±0,1	2,34±0,1
зазор выхлопных клапанов в *мм*	0,3	0,2	0,3	0,25	2,34±0,1	2,34±0,1
Число клапанов на цилиндре:						
выхлопных	2	1	1	1	2	2
всасывающих	Окна, клапанов нет	1	1	1	2	2
Система смазки	Комбинированная				Циркуляционная под давлением	
Топливоподача	Насос-форсунка „Ленкарз-60" типа АР-20	Четырехплунжерный насос с подкачкой помпой и ручным насосом НТМ-8,5			6-плунжерный насос с помпой	12-плунжерный насос с помпой
Тип форсунки	Открытая с обратным клапаном. Отверстия 6×0,15 *мм*	Закрытого типа без штифта с одним отверстием диаметром 0,645 *мм*	НТИ-1,5 закрытого типа штифтовая с одним распыливающим отверстием d=1,5 *мм*		Закрытого типа, отверстия 7×0,25 *мм* или 7×0,3 *мм*; подъем иглы 0,4—0,5 *мм*	
Давление впрыска в *кг/см²*	До 1 400	120—130	125	125	200	210
Давление масла в прогретом двигателе при нормальных оборотах в *кг/см²*	1,8—2,5	0,5—2,7	1,5—2,5	2,2—3	6—9	6—9
Емкости в *л*:						
а) заводского топливного бака	150—225	230	185	150	—	—
б) картера двигателя	16,5	27	25	15	70	80
в) коробки передач	7	40	6	6	—	—
г) системы охлаждения	46—55	64	60	39	—	—
Минимальный расход топлива при номинальной мощности в *г/л. с.-ч.*	205	210—215	220	235	190	180—190
Расход масла в *г/л. с.-ч.* или в % к расходу топлива	5—6%	5%	5%	5%	11—12 *г*	11—13 *г* (для новых двигателей 9 *г*)

* См. сноску стр. 330

Продолжение табл. 3

Показатели	Марка двигателя					
	ЯАЗ-204*	КДМ-46 и КДМ-100	Д-54	Д-35	Д-6*	Д-12 и В2-300
Габариты в *мм*:						
длина (только двигателя)	1 077	1 843	1 538	1 279	1 435	1 562—1 852
ширина	919	988	815	674	706	815—1 052
высота	962	2 005 (с трубой)	1 483 (с фильтром)	1 303	1 105	1 024—1 174
Сухой вес двигателя в *кг* (без сцепления и коробки передач)	800	2 000	1 000—1 100	685	950	1 800, (1Д-12) чуг. блок / 1 400, (В2-300) ал. блок
Электрооборудование дизельных двигателей						
Стартерная аккумуляторная батарея	2×6 СТЭ-150 или 2×6 СТЭ-128	—	—	—	4×6 СТЭ-128 или 4×6 СТЭ-150	
Зарядный электрогенератор	Г-25	Г-66	7-30А2	Г-31А	Г-73 (ГТ-4563А)	
Мощность в *вт*	250	250	60	60	1 000	
Род тока	Постоянный		Переменный		Постоянный	
Напряжение в *в*	12	12	6	6	24	
Электростартер	СТ-25 и реле РС-25	—	—	—	СТ-710 и реле РС-400	
Напряжение в *в*	24	—	—	—	24	
Мощность в *л. с.*	7,5	—	—	—	15	
Пусковой бензиновый двигатель, мощность в *л. с.*	—	19 (имеют также декомпрессор с редуктором)	10	7,5	—	—
Магнето для пускового двигателя	—	М-10Ф	М-24	М-24	—	—
Свечи запальные	СР-43 (свеча для обогрева при пуске)	М-12/20	А-11/11в	А-11/11в	—	—

* Дизель Д-6 выпускается также для работы на газе с присадкой жидкого топлива, имеет марку 1Д6-ГД (6ГЧ-15/18); дизель развивает 120 *л. с.* при 1 500 об/мин.

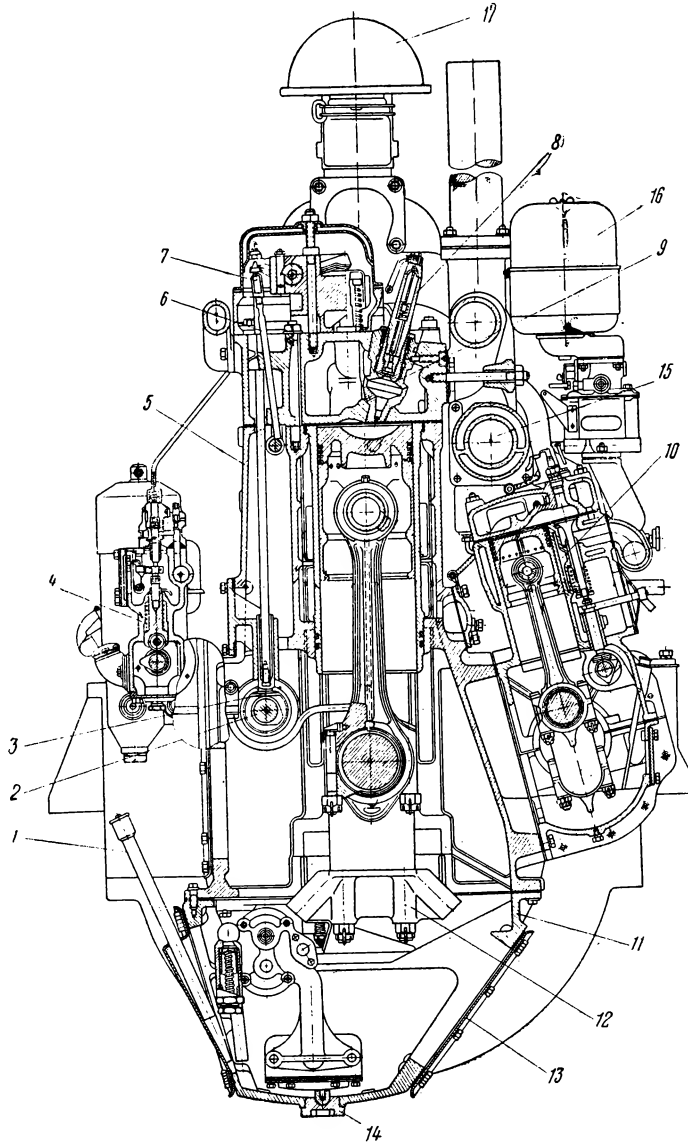


Рис. 2. Поперечный разрез двигателя КДМ-46

1 — маслоуказатель; *2*— распределительный валик; *3*—толкатель; *4*—топливный насос; *5* — блок дизеля; *6* — штанга декомпрессора; *7* — регулировочная гайка штанги декомпрессора; *8* — форсунка; *9* — предкамера; *10* — пусковой двигатель П-19; *11* — картер; *12* — противовес коленчатого вала; *13* — крышка люка картера; *14* — масляная спускная пробка; *15*— всасывающий коллектор; *16* — воздухоочиститель пускового двигателя; *17* — воздухоочиститель дизеля

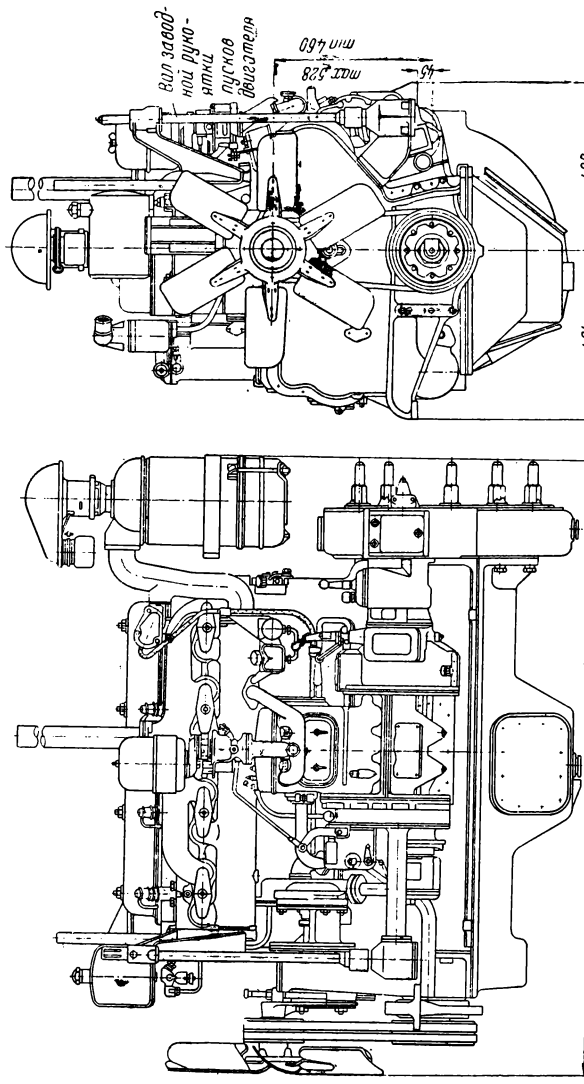


Рис. 3. Габаритный чертеж двигателя КДМ-46 (боковой вид со стороны пускового двигателя и вид со стороны вентилятора)

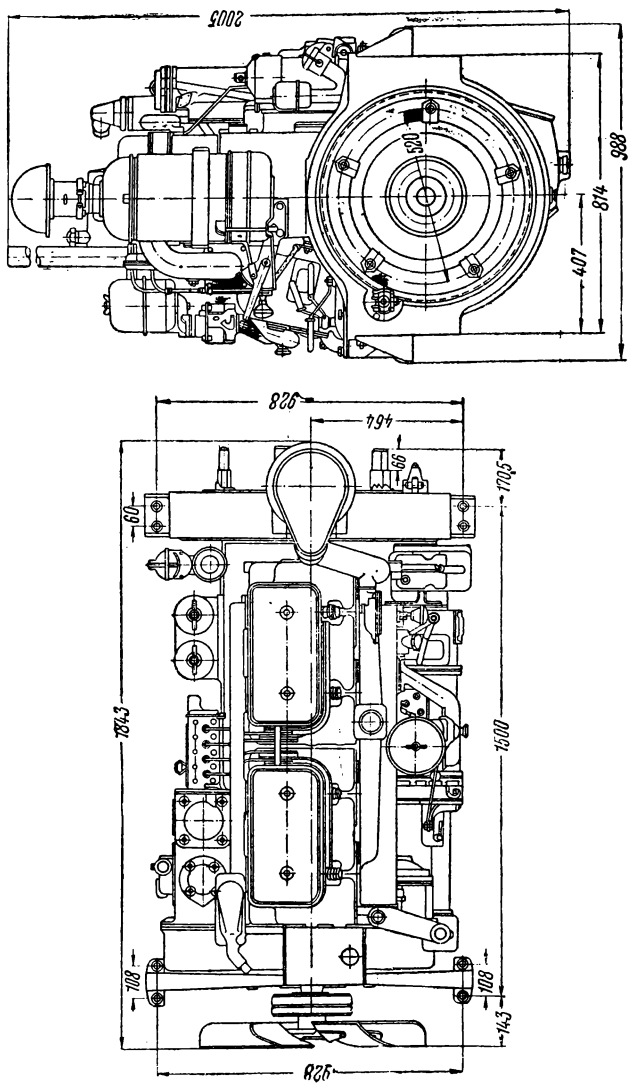
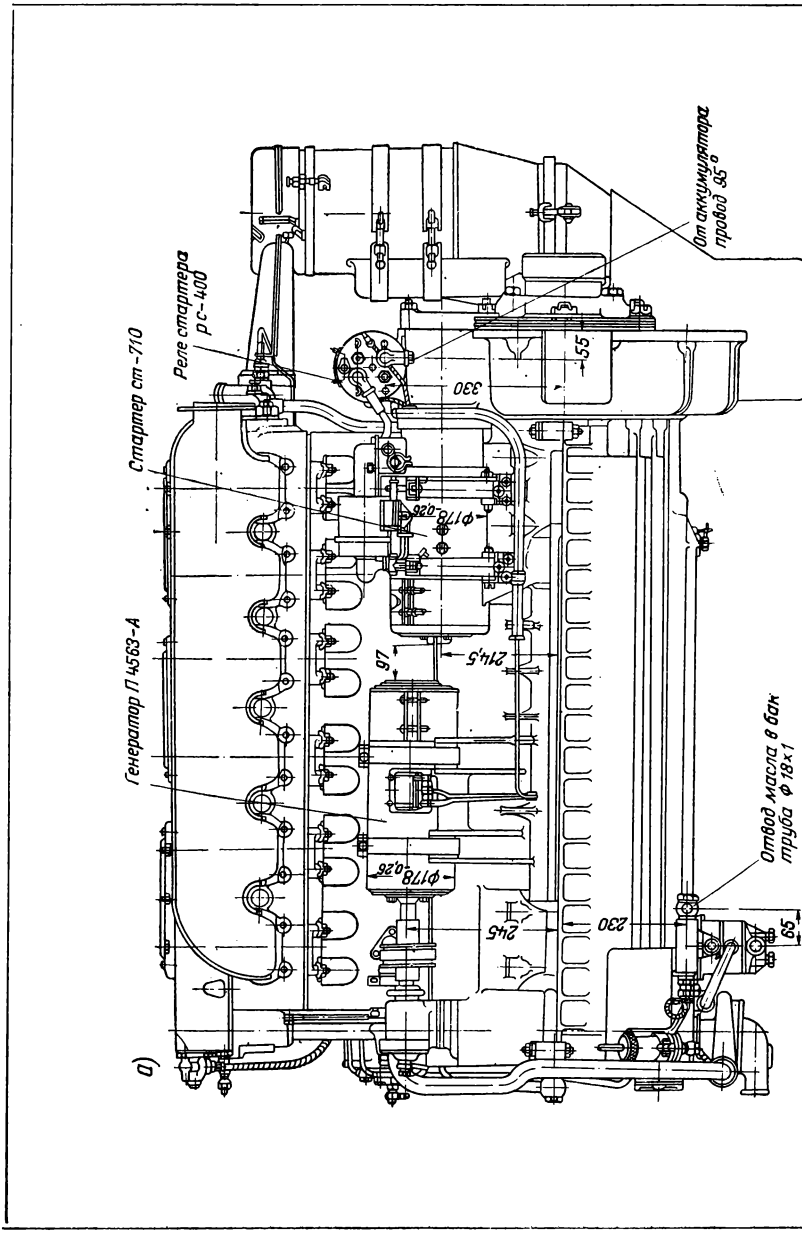


Рис. 4. Габаритный чертеж двигателя КДМ-46 (вид сверху и вид со стороны привода двигателя)


Стартер ст-710
Реле стартера рс-400
Генератор П 4563-А
От аккумулятора провод 95°
Отвод масла в бак труба Ф 18×1
330
55
Ф178-0,26
214,5
97
245
230
65
а)

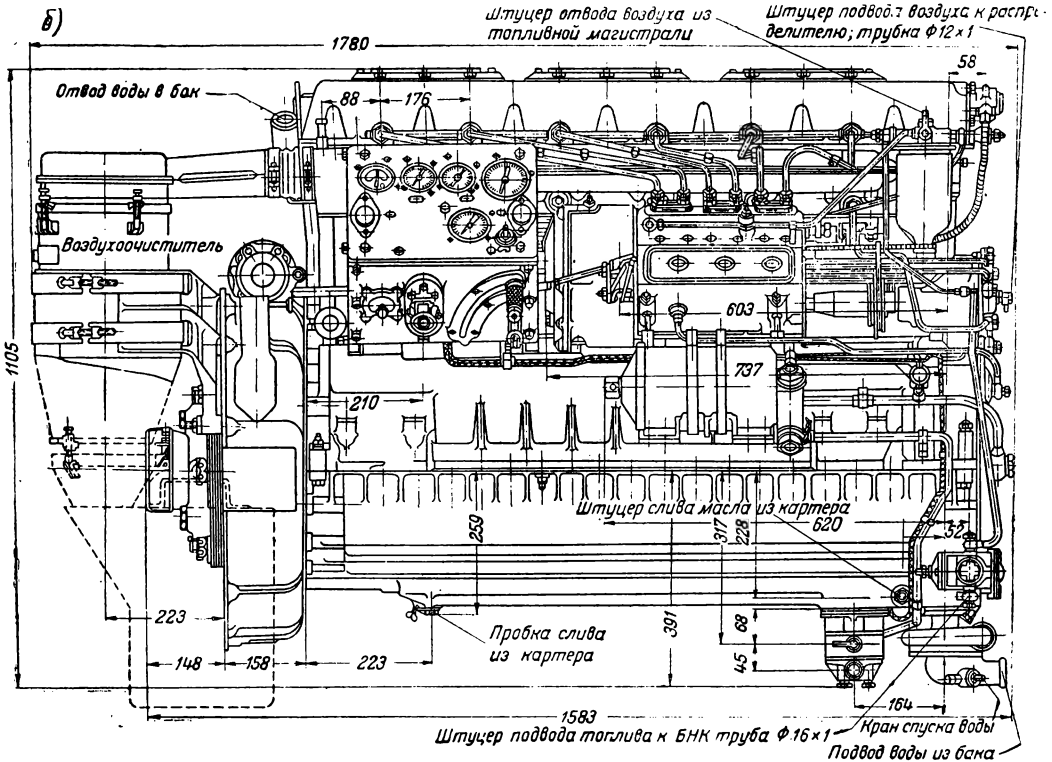


Рис. 5. Двигатель Д-6

а — вид со стороны стартера и зарядного электрогенератора; *б* — вид со стороны топливного насоса

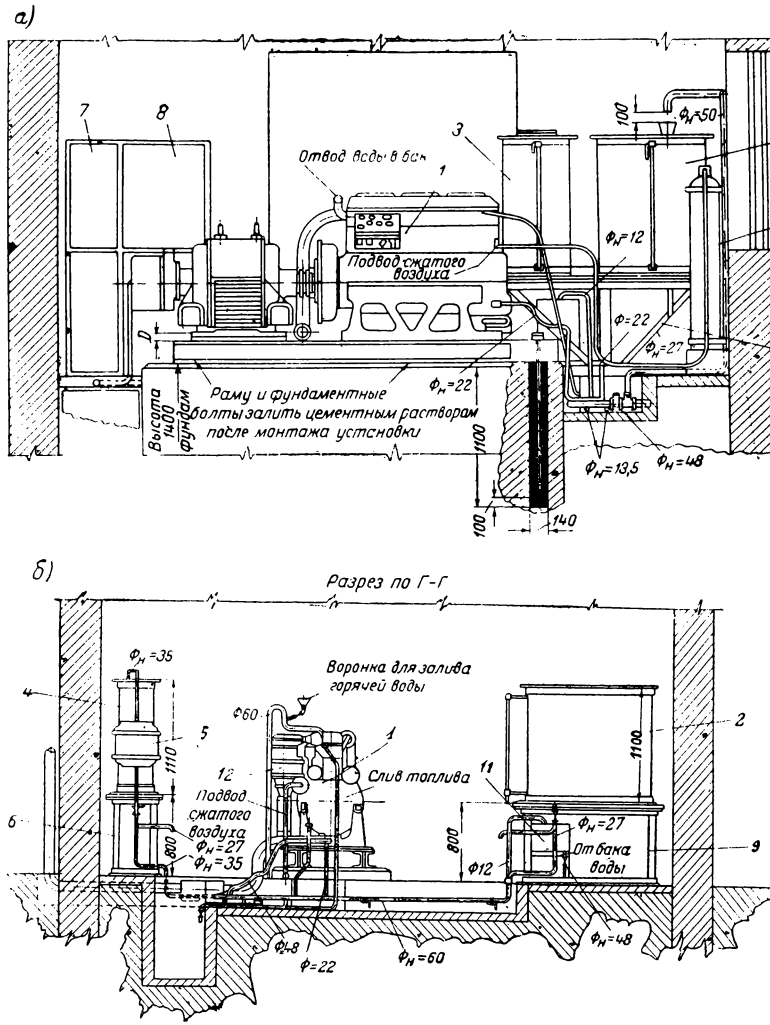


Рис. 6. Примерная компоновка электростанции с дизелем Д-6 (и аналогичным)

а — продольный разрез; *б* — поперечный разрез; *1* — дизель Д-6 (или В2-300, Д-12); *2* — водяной бак системы охлаждения двигателя; *3* — топливный расходный бак; *4* — масляный бак; *5* — маслорадиатор; *6* — опора под маслобак; *7* — панель управления электрогенератором; *8* — электрический распределительный щит; *9* — опора под водяной и топливный баки; *10* — баллон сжатого воздуха (90—100 *ати*); *11* — бачок для слива топлива от двигателя; *12* — воздушный фильтр двигателя (система воздушного пуска может быть дублирована стартерным пуском, для этого необходима установка четырех батарей 6СТЭ-128)

5. СТАЦИОНАРНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Характеристика дизельных двигателей малой мощности

Таблица 4

Показатели	Дизельные двигатели					Газогенераторные двигатели	
Марка агрегата, двигателя	5П2-2Ч 8,5/11	5П4-4Ч 8,5/11	1ЧА-10,5/13 (рис. 7, 8)	2ЧА-10,5/13	4ЧА-10,5/13	2ГЧ-18/26	4ГЧ-18/26 (рис. 9)
Заводское обозначение двигателя	2Ч-8,5/11	4Ч-8,5/11	МЧ-10,5/13	2МЧ-10,5/13	4МЧ-10,5/13	2ГЧ-18/26	4ГЧ-А2 или 4ГЧ-ОГ13
Тип двигателя	Четырехтактный, вертикальный, бескомпрессорный, вихрекамерный					Газовый четырехтактный	
Номинальная мощность в *л. с.*	10	20	10	20	40	45	90
Число оборотов в 1 мин.	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	750	750
Число цилиндров	2	4	1	2	4	2	4
Диаметр цилиндров в *мм*	85	85	105	105	105	180	180
Ход поршня в *мм*	110	110	130	130	130	260	260
Степень сжатия	17	17	17	17	17	9,25	9,25
Расход:							
топлива в *г/л. с.-ч.*	235	230	240	235	230	450 *г* антрацита или 1,2—2,2 *кг* древесных чурок	
масла в	8	8	7—10	7—10	7—10	6—8	6—8
воды в *л/л. с.-ч.* при разности в 15° на выходе	Замкнутая система с радиатором		50	50	50	70	70 (с газогенератором)
Степень неравномерности	1/70	1/125	1/75	1/125	1/170	1/170	1/70
Маховой момент в *кг/м²*	9,1	9,1	9,1	9,1	9,52	275	61,5
Сухой вес двигателя в *кг*	250	315	210	280	500	1 005	1 769
Вес маховика в *кг*	81	81	81	81	785	607	220
Рабочее давление масла в *кг/см²*	2—3,5	2—3,5	2,3	2,3	2,3	1,5—2	1,5—2
Топливо	Дизельное (ГОСТ 4749-49)					Газ генераторный	
Масло	Дизельное Д-11, МТ-16$_{п}$ и Д$_{п}$-14					Моторное М или автол АК-10 и АК 15	
Тип электрогенератора, комплектуемого с двигателем	МСА-72-4 400/230*в* 12 *ква*	аПНТ-85 7,2 *квт*, 230 *в* 1 500 об/мин. (для 10 сильных)	аПН-85 6 *квт*, 120 *в*	С-81-4 или МСА-72-4А, 12 *квт*, 1 500 об/мин (для 20 сильных)	МСА-73-4А, 24 *квт* или МС82-4,25 *квт* 1 500 об/мин (для 40 сильных)	СГ-35/6, 28 *квт* 1000 об/мин с ременной передачей или с непосредственным соединением	СГ-60,6 или С-116-8,48 и 84 *квт* 1 000—750 об/мин

Примечание. Дизели Ч-8,5/11 выпускаются также в одноцилиндровом исполнении мощностью 5 *л. с.* и комплектуются генератором СГС-4,5 переменного тока 230 *в*. Дизели МЧ-10,5/13 выпускаются с 1959 г. также и шестицилиндровые мощностью 60 *л. с.*

Продолжение табл. 4

Показатели	Дизельные двигатели					Газогенераторные двигатели	
Марка агрегата, двигателя	5П2-Ч24 8,5/11	5П4-4Ч 8,5/11	1ЧА-10,5/13 (рис. 7, 8)	2ЧА-10,5/13	4ЧА-10,5/13	2ГЧ-18/26	4ГЧ-18,26 (рис. 9)
Система пуска	Вручную или электростартером	Электростартером	Вручную или электростартером		Электростартером	Сжатым воздухом при давлении 14—30 *ати*	
Габариты двигателей в *мм*:							
высота	720	830	790	790	790	1 440	1 440
ширина	495	532	510	510	510	1 140	1 140
длина	780	876	536	581	1 025	1 190	1 625

Примечание. Вращение двигателей левое (со стороны маховиков): агрегаты 1ЧА-10,5/13 и 2ЧА-10,5/13 ранее имели марки ДСА-10 и ДСА-20. С дизелем ГЧ-18,26 поставляется газогенераторная установка ОГ-13-1 для древесных чурок или А2 для антрацита.

Таблица 5

Характеристика дизельных двигателей малой мощности

Показатели	Марки двигателей								
Марка двигателя	Д-16/20 (НИДИ) (рис. 10)	Д-16,5/20	Д-16,5/20—1*	Д-26/30	Д-19/30	6Ч-12/14 (К-153)	Т-62	СД-28/36,5	ДН-22,5/26 (Д-50)
Тип двигателя	Двухтактный, вертикальный, предкамерный, с кривошипно-камерной продувкой				Двухтактный, бескомпрессорный, вертикальный	Четырехтактный вихрекамерный вертикальный	Четырехтактный предкамерный горизонтальный	Двухтактный, вертикальный, калоризаторный	
Номинальная мощность в *л. с.*	15—30—45	20	25—50	45	80—160	90	13	35	50
Число оборотов в 1 мин.	650	750	750	430	500	1 500	1 000—1 200	300	700
Число и диаметр цилиндров в *мм*	1—3×160	1×165	1 и 2×165	1×260	2 и 4×190	6×120	1×120	1×280	1×225

Продолжение табл. 5

Показатели	Дизельные двигатели								
Марка двигателя	Д-16/20 (НИДИ) (рис. 10)	Д-16,5/20	Д-16,5/20—1*	Д-26/30	Д-19/30	6Ч-12/14 (К-153)	Т-62	СД-28/36,5	ДН-22,5/26 (Д-50)
Ход поршня в *мм*	200	200	200	300	300	140	160	365	260
Степень сжатия	15,5	15,5	15,5	16	16	17	21,5	—	—
Расход:									
топлива в *г/л.с.-ч.*	220	220	220	220	190—200	200+5%	200	350	230
масла в " "	15	9	9	16,5	6—10	6—7	10—12	25	15
воды в *л/л. с.-ч.* (при разности температуры до 30°)	35	35	35	20—25	30	Замкнутая система	Испарительная система	30—35—открытая система на проток	
Сухой вес двигателя в *кг*	600	840	840	1 500	—	—	480	1 850	1 383
	960	—	1 350	—	—	—	—	—	—
	1 300	—	—	—	—	—	—	—	—
Топливо	Моторное ДТ, дизельное ГОСТ 305-58, соляровое масло					Дизельное топливо		Моторное ДТ-1	
Масло	Моторное масло М и Т					Дизельное масло, автол		Моторное М и Т	
Давление масла в системе в *кг/см²*	1—2	1—2	1—2	1—2	1—2	1,5—2	0,8—2	0,8—1,5	0,8—1,5
Система пуска	Сжатыми отработавшими газами или воздухом						Пуск ручной		Пуск ручной через маховик
Давление пуска в *атм*	14—25	14—25	14—25	7—20	25—30	—	—	—	—
Тип комплектуемого с двигателем электрогенератора	СГ-15/6, СГ-35/6, РП	СГ-15/6, РП	СГ-60/6, СГ-35/6, РП	СГ-35/6, РП	СГ-60/6, С-116-6, РП	ДГС-92-4, 50 *квт*, 400/230 *в* Н. С. М.	—	—	СГ-35/6, Р. П.

*Двигатель (модифицированный) имеет мощность 60 *л. с.*. Двигатели 6Ч-12/14 выпускаются чаще как судовые следующих марок: К152-2, К152-3, К551-2, К551-3 и др.; для стационарных установок имеют марку К-756 или К-856.

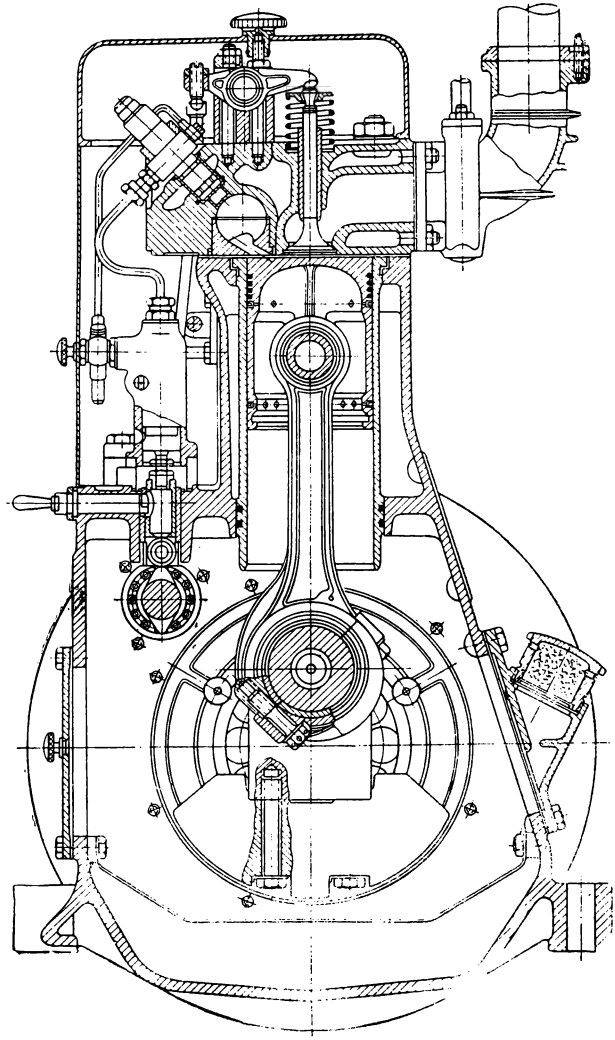


Рис. 7. Поперечный разрез двигателя МЧ-10,5/13 (с вихрекамерным распыливанием)

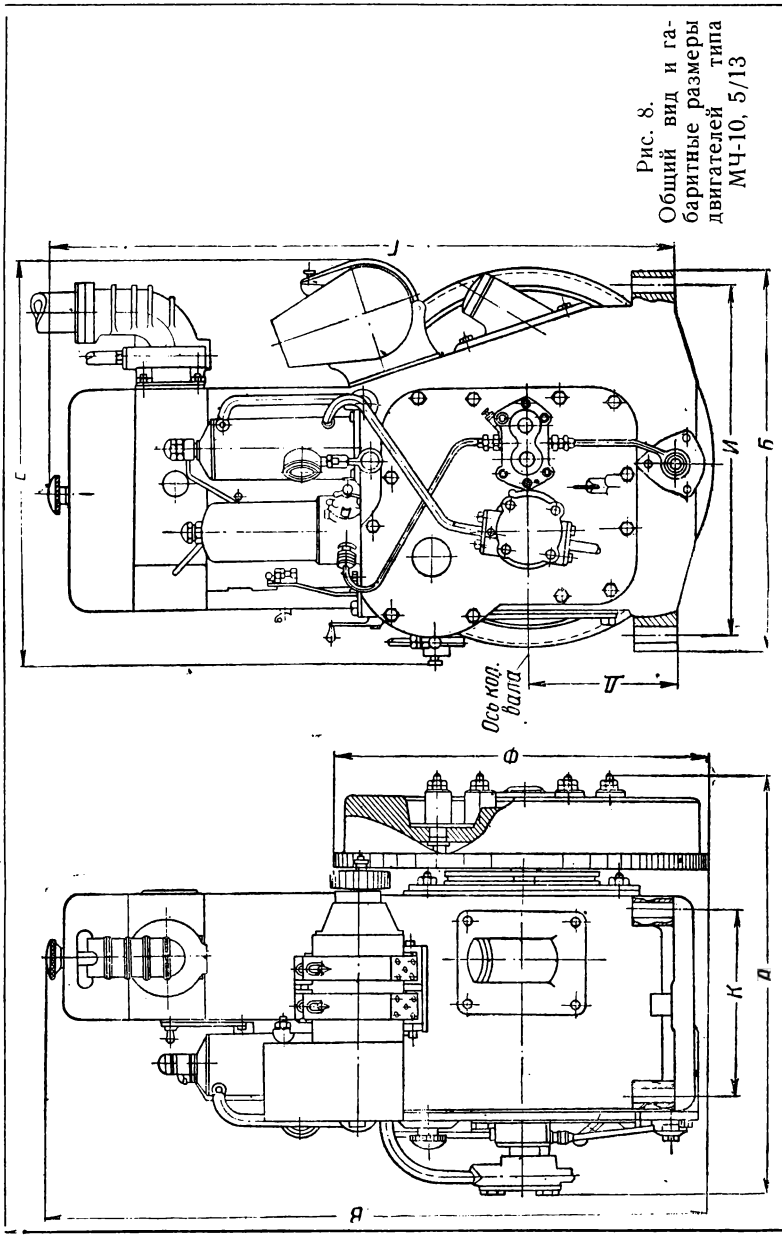


Рис. 8.
Общий вид и габаритные размеры двигателей типа МЧ-10, 5/13

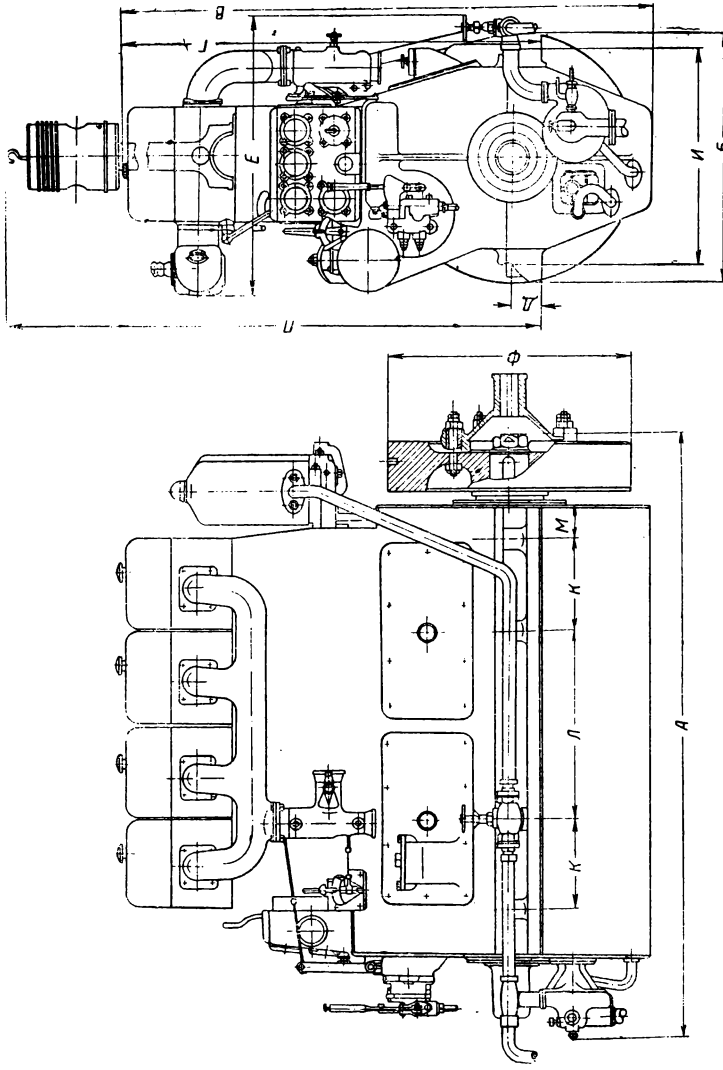


Рис. 9. Общий вид и габаритные размеры двигателя 4 ГЧ-18/26

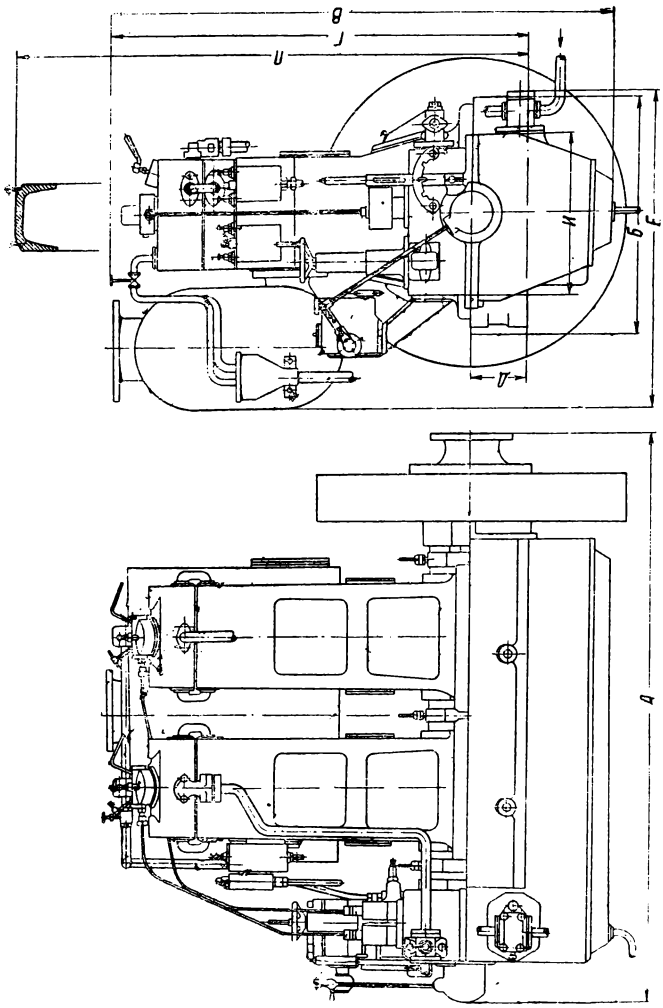


Рис. 10. Общий вид и габаритные размеры двухтактных двигателей Д-16/20

6. СТАЦИОНАРНЫЕ НЕФТЯНЫЕ ДВИГАТЕЛИ (КАЛОРИЗАТОРНЫЕ)

Характеристика нефтяных калоризаторных двигателей

Таблица 6

Показатели	Марка двигателей					
	НД-9-13,8/14	1НД-18/20	НД-40	Н-22-20/24	НД-22/25	К-25/27 судовой с реверсом
Тип двигателя	Вертикальный двухтактный с кривошипно-камерной продувкой					
Номинальная мощность в *л. с.*	9	22	40	22	25	50
Число оборотов в 1 мин.	750	650	500	500	575	400
Число цилиндров	2	1	2	1	1	2
Диаметр цилиндров в *мм*	138	180	200	200	220	250
Ход поршня в *мм*	140	200	240	240	250	270
Расход:						
топлива в *г/л. с.-ч.*	340	300	300	308	300	320—308
масла „ „ „	20	20	8	20	15	22
воды „ „ „	30	30	12	12	12	12
Габариты двигателей в *мм*:						
длина	760	1 014	1 585	1 650	1 400	2 940
ширина	600	850	900	1 280	1 050	1 175
высота	910	1 220	1 300	1 725	1 350	1 750
Вес двигателя без маховика в *кг*	320	700	1 500	760	1 250	3 000
Топливо	Моторная нефть $ДТ_1$ ($М_з$)					
Масло	Масло моторное М или автомобильное $АКЗ_п$-10 и АС-9,5					

7. МАЛОЛИТРАЖНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Характеристика малолитражных двигателей внутреннего сгорания

Таблица 7

Показатели	Марка двигателя											
	Л-3/2	Л-6/3	Л-12/4	УД-1	УД-2	УД-4	УД-1В	УД-2В	ЗИД-4,5	2СД	ОДВ-300В	1Ч-8,5/11
Тип двигателя	Вертикальный, однорядный, карбюраторный, четырехтактный									Дизель:		
Номинальная мощность в *л. с.*	3	6	12	4,4	8,8	17,6	4,5	9	4,5	двухтактный 2	5,5	четырехтактный 5

Показатели	Марка двигателя											
	Л-8/2	Л-6/3	Л-12/4	УД-1	УД-2	УД-4	УД-1В	УД-2В	ЗИД-4,5	2СД	ОДВ-300В	1Ч-8,5/11
Число оборотов в 1 мин.	2 200	2 200	2 200	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	2 000	3 000	3 000	1 500
Число цилиндров	1	2	4	1	2	4	1	2	1	1	1	1
Диаметр цилиндров в *мм*	65	65	65	72	72	72	72	72	86	52	74	85
Ход поршня в *мм*	90	90	90	75	75	75	75	75	90	58	68	110
Литраж в *см*^{3}	297	595	1 190	305	610	1 376	305	610	520	123	292	624
Степень сжатия	4,75	4,75	4,75	5	5	5	5	5	4	6	5,8	17±1
Зажигание	М-28Б, М-МД-01	Левого вращения		Магнето М-48Б, ММД-01 правого вращения					М-МД-01, М-27Б левого вращения			Самовоспламенение с запальником
Марка свечей	М-12-20В (резьба М18×1,5)											Форсунка ФШ 1,5×15° с отверстием *D*=1,5 *мм*
Тип карбюратора	К-12Г	К-12В	К-12Д	—	—	—	—	—	—	—	—	
Применяемое топливо	Автобензин А-66, А-72, А-74								Автобензин+5% автола			Дизтопливо
масло	Масло автомобильное АС-5 (зимнее), $АС_п$-9,5 (летнее)											Дизельное масло $МТ\text{-}16_п$
Расход топлива в *г/л. с.-ч.* при номинальной мощности	400	335	330—335	330—350	330—350	330—350	330	330	280	380	380—420	235
Система охлаждения	Водяное			Воздушное			Водяное		Воздушное			Водяное
Габариты в *мм*:												
длина	500	550	760	435	550	670	435	500	630	284	370	660
ширина	545	450	575	485	485	650	500	500	575	320	440	495
высота	764	800	950	555	555	830	650	650	730	392	620	720
Сухой вес двигателя в *кг*	72	92	147	70	95	140	75	100	80	23	40	170

Примечание. Двигатель УД-4 имеет У-образное расположение цилиндров; пуск двигателей производится вручную.

8. СИСТЕМЫ ПУСКА СТАЦИОНАРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Пуск дизельных двигателей малой мощности 1МЧ-10,5/13 осуществляется только вручную через храповик на переднем конце распределительного вала (чем увеличивается число оборотов коленчатого вала и облегчается пуск).

Для дизелей 2МЧ-10,5/13 и 2Ч-8,5/11, кроме пуска заводной рукояткой, предусмотрена возможность стартерного запуска (стартеры СМА-2,5 или СТ-8). Дизели 4МЧ-10,5/13 и 4Ч-8,5/11 пускаются в ход только с помощью электростартера — они оборудуются стартерами (для первого типа СМТ — 6,6 *л. с.* и для второго типа СТ-8—1,8 *л. с.*, 12 *в*). У дизелей имеются стартерные батареи 6СТЭМ-128 и зарядный генератор Г-21 на 12 *в*.

У дизеля 4МЧ-10,5/13 предусмотрено, кроме того, устройство для пуска сжатым воздухом под давлением 12—30 *атм*.

Для обеспечения воспламенения топлива и ускорения пуска дизели 4МЧ-10,5/13, 2Ч и 4Ч-8,5/11 снабжены свечами накаливания, спирали которых выходят в вихревые камеры головок цилиндров. Все эти дизели имеют декомпрессионные устройства. Дизели 2Ч и 4Ч-8,5/11 для прогрева масла в картере и системы охлаждения в зимних условиях работы имеют специальные подогревательные устройства (котел и лампа, работающая на дизельном топливе).

Газовые двигатели 2ГЧ-18/26 и 4ГЧ-18/26 имеют зажигание от магнето высокого напряжения при помощи запальных свечей типа 4ЭМГ. Пуск двигателей производится сжатым воздухом при давлении 17—30 *ати* через специальные пусковые клапаны в двух цилиндрах двигателя. Двигатели имеют декомпрессионное устройство и снабжены компрессором для получения сжатого воздуха.

Двигатели Д-16/20 и Д-16,5/20 пускаются сжатым воздухом или газом при давлении 14—25 *ати*; газ отбирается из цилиндра двигателя в баллон через специальный газоотборочный клапан. Предусмотрено применение запальных патронов.

Двухтактные двигатели Д-26/30 пускаются сжатым воздухом или газом при давлении 7—20 *ати*; газ отбирается из цилиндра также через газоотборочный клапан.

Все калоризаторные нефтедвигатели с низкой степенью сжатия — НД, Н и др. — запускаются вручную вращением маховика, кроме двигателя К-25/27, пуск которого производится сжатым воздухом.

Пуск двигателя Т-62 («Андижанец») производится вручную при помощи заводной рукоятки и применением запальных фитилей. В качестве запальных фителей применяется бумага, пропитанная 10%-ным раствором селитры; на двигателе имеется также декомпрессионное устройство.

9. СТАРТЕРНЫЕ АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ

Аккумуляторные батареи выпускаются с заводов сухими и с пластинами как заряженными, так и незаряженными. В последнем случае зарядка производится на месте. При температуре +15° заряженная аккумуляторная батарея должна иметь плотность электролита 1,24—1,31 (см. табл. 8). При плотности электролита 1,11—1,16 аккумулятор полностью разряжен и должен быть немедленно поставлен на зарядку. Напряжение заряженного аккумулятора должно быть не менее 1,9—2,1 *в* (на элемент); наименьшее допустимое напряжение, при котором батарея ставится на зарядку, равно 1,75 *в*.

Таблица 8

Основные технические данные электрических аккумуляторных батарей

Марка и тип аккумуляторной батареи	Марка аналогичной батареи старого выпуска	Номинальная емкость *а-ч*	Номинальное напряжение в *в*	Емкость (при +30°) при 10-часовом разряде		Емкость (при +30°) при 5-минутном разряде		Зарядный ток: первый заряд, ступень 1	Зарядный ток: первый заряд, ступень 2	Зарядный ток: очередные заряды, ступень 1	Зарядный ток: очередные заряды, ступень 2	Количество электролита для заливки батареи в *л*	Вес батареи с электролитом в *кг*	Габариты (в среднем) в *мм*: длина	ширина	высота
				а	*а-ч*	*а*	*а-ч*									
Свинцовые, ГОСТ 959-51 (стартерные, сернокислотные)																
3СТ-60-ЭД (или ЭМ)	3СТЭ-65 (65 м)	60	6	6	60	180	20	3,5	2,25	4,5—7	4,5	2	14,5	177	176	234
3СТ-70-ВД (или ПД, ПМ)	3СТП-80, ЭСТЭ-80	70	6	7	70	210	17,5	5	2,5	5—15	5	2,28	16	257	194	230
3СТ-84-ВД (или ПД, ПМ)	3СТП-100	84	6	8,4	84	250	20,8	6	3	6—18	6	2,46	19	272	188	230
3СТ-98-ВД (или ПД, ПМ)	3СТЭ (П)-112	98	6	9,8	98	295	25	7	3,5	7—21	7	2,27	21,5—23	308	188	245
3СТ-112-ПМ	3СТП-128	112	6	11,2	112	335	29	8	4	8—24	8	3	—	—	—	—
3СТ-126-ПД	3СТП-144	126	6	12,6	126	380	33	9	4,5	9—27	9	3,48	—	—	—	—
3СТ-135-ЭМ$_1$	3СТП-150м	135	6	13,5	135	405	45	7,5	5	10—15	10	4,5	27,5	332	180	235
6СТ-54-ЭМ$_1$ (или ЭМ)	6СТЭ-60м	54	12	5,4	54	160	14,5	2,5	1,75	3,5—5	3,5	3,42	19	280	188	234

Продолжение табл. 8

Марка и тип аккумуляторной батареи	Марка аналогичной батареи старого выпуска	Номинальная емкость *а-ч*	Номинальное напряжение *в*	Емкость (при +30°) при 10-часовом разряде		при 5-минутном разряде		Зарядный ток: первый заряд, ступень		очередные заряды, ступень		Количество электролита для заливки батареи в *л*	Вес батареи с электролитом в *кг*	Габариты (в среднем) в *мм*: длина	ширина	высота
				а	*а-ч*	*а*	*а-ч*	1	2	1	2					
6СТ-68-ЭМ$_1$	6СТЭ-75	68	12	6,8	68	205	17	5	2,5	5—15	5	5,4	—	—	—	—
6СТЭ-128 (или 6СТМ-128) . . .	6СТЭ-128	128	12	6,4	128	360	30	8	4	8—24	8	7,5	58	516	236	234
39ЭПМ-80 (электрокарная ТУ-1949 г.)*	39ЭПМ-80	80	78	16	80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Железоникелевые, ГОСТ 6873-54 (тяговые, щелочные)																
28ТЖН-250* (электрокарная)	16ЭП-250	250	35	50	250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24ТЖН-500* (для автопогрузчиков)	15АПН-500	500	30	100	500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечания. 1. ГОСТ 959-51 предусматривает маркировку стартерных аккумуляторных батарей по емкости при 10-часовом разряде; марки батарей старых выпусков (по ГОСТ 959-41) давались по емкости при 20-часовом разряде. Маркировка по ГОСТ-959-51 характеризует также исполнение батарей: первая буква после емкости—исполнение блока, вторая—исполнение сепарации батареи; температура электролита при зарядке исправной батареи не должна превышать 35—40°.

2. Обозначения блоков:

В—блоки обычные, асфальтопековые;
П—то же, но с полистироловыми вставками;
Э—эбонитовые блоки (моноблоки);
сепарации:
М—микропластовая;
М$_1$—микропоровая;
Д—деревянная для асфальтопековых блоков и комбинированная для эбонитовых блоков.

3. Батареи 6СТЭ-128 выполняются в эбонитовых баках, деревянном футляре, а 6СТМ-128 также в деревянном футляре, но в эбонитовых моноблоках; сепарация—деревянный шпон. Марка этих батарей дается при 20-ти часовом разряде.

4. Тяговые свинцовые батареи марок ЭП и АП имеют положительные пластины в панцирном исполнении; с 1955 г. заменяются на щелочные железоникелевые батареи типа ТЖН.

* при 5-часовом разряде

Плотность электролита в нормально заряженной батарее должна поддерживаться в пределах, указанных в табл. 9 и 10.

Таблица 9

Зависимость плотности электролита от степени зарядки батареи

Состояние батареи	Летом			Зимой		
	Районы					
	южные	центральные	северные	южные	центральные	северные
Нормально заряженная	1,24	1,27	1,27	1,27	1,29	1,31
Разряженная на 50%	1,16	1,19	1,19	1,19	1,21	1,23
Полностью разряженная	1,11	1,14	1,14	1,14	1,16	1,19

Таблица 10

Зависимость плотности электролита от температуры

Плотность электролита при температуре в град.					Температура замерзания электролита в град.
15	20	30	40	50	
1,35	1,346	1,34	1,334	1,326	—49
1,33	1,327	1,321	1,314	1,306	—57
1,3	1,297	1,291	1,284	1,277	—66—72
1,29	1,287	1,28	1,274	1,267	—72
1,28	1,277	1,27	1,264	1,256	—68
1,26	1,257	1,251	1,245	1,237	—54
1,25	1,247	1,241	1,235	1,227	—50
1,24	1,237	1,23	1,224	1,217	—42
1,22	1,217	1,21	1,204	1,197	—34—35
1,2	1,196	1,19	1,183	1,176	—25
1,15	1,147	1,14	1,134	1,128	—14
1,14	1,137	1,131	1,125	1,119	—12
1,12	1,118	1,112	1,107	1,102	— 9
1,1	1,097	1,092	1,087	1,082	— 7

Зависимость емкости аккумуляторной батареи от температуры электролита графически представлена на рис. 11.

При работе аккумуляторной батареи плотность электролита уменьшается пропорционально степени ее разряда.

Продолжительное хранение батареи без подзарядки, повышенная против нормы плотность электорлита или его загрязнение, а также низкий уровень электролита (обнажение пластин) являются причинами сульфатации пластин и быстрой порчи батареи.

При эксплуатации батарея обычно разряжается и заряжается неполностью, так как в работе участвует не вся активная масса свинцового окисла. Для поддержания правильного действия батарея должна проходить каждые 3 месяца контрольно-тренировочный цикл полной зарядки. При приготовлении электролита необходимо вливать серную кислоту в воду и плотность измерять только по охлаждении раствора до +15—+20°.

Количество аккумуляторной кислоты (ГОСТ 667-53), добавляемой на 1 *л* дистиллированной воды для получения электролита соответствующей плотности, приведено в табл. 12.

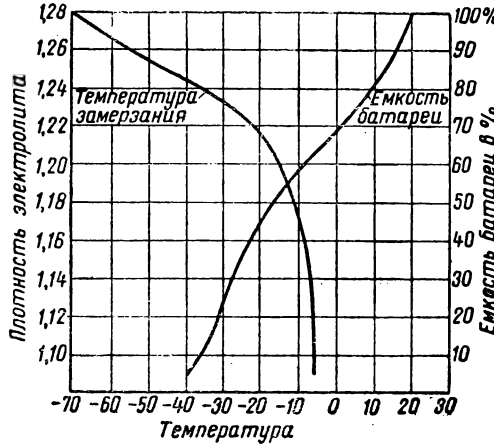


Рис. 11. Зависимость температуры замерзания электролита от его удельного веса и емкости аккумуляторной батареи от температуры

Таблица 11

Содержание серной кислоты в электролите

Плотность или удельный вес электролита при 15°	Содержание чистой кислоты в электролите в *см*³/*л*	Плотность или удельный вес электролита при 15°	Содержание чистой кислоты в электролите в *см*³/*л*
1,05	42	1,26	232
1,1	87	1,28	258
1,11	96	1,285	263
1,12	104	1,3	279
1,14	122	1,31	289
1,15	131	1,32	300
1,2	179	1,35	331
1,21	190	1,4	394
1,24	219	—	—

Таблица 12

Содержание аккумуляторной кислоты в электролите

Плотность электролита при 15°	Количество аккумуляторной кислоты в *см*³ на 1 *л* воды	Плотность электролита при 15°	Количество аккумуляторной кислоты в *см*³ на 1 *л* воды
1,14	148	1,32	448
1,285	376	1,4	652

Из внутренних неисправностей аккумуляторных батарей чаще всего бывают сульфатация и короткое замыкание пластин.

Таблица 13

Внутренние неисправности аккумуляторных батарей

Режим, при котором обнаруживается неисправность	Показатели	При сульфатации	При коротком замыкании
Заряд	Напряжение батареи	Высокое в начале и низкое в конце	Низкое в начале и конце зарядки
	Газовыделение	Обильное и преждевременное	Отсутствие или слабое
	Плотность электролита	Слабое повышение в процессе заряда	
	Температура электролита	Повышенная (>40°—35°)	Очень быстрое повышение (>40°—45°)
Разряд	Емкость батареи	Ниже допускаемой (батарея очень слабая)	Почти отсутствует
	Напряжение батареи	Низкое (<1,9 *в* на элемент)	Быстро и резко снижается (ниже 1,7 *в* на элемент)

II. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

При использовании двигателей автотракторного типа в стационарных установках, а также в качестве привода на строительных машинах максимальная длительная нагрузка из-за худших условий охлаждения допускается только в пределах 60—75% номинальной мощности. При обеспечении нормального температурного режима двигателя путем устройства циркуляционного охлаждения блока двигателя и маслоохладителя от внешнего источника двигатель может давать свою номинальную мощность.

2. ТОПЛИВО

1) Топливо для карбюраторных двигателей

Для исправной и надежной работы карбюраторных двигателей топливо должно, кроме надлежащей теплотворной способности, обладать достаточной испаряемостью, не иметь смолистости и механических примесей и обладать высокими антидетонационными свойствами и иметь нейтральную реакцию.

Правильное сгорание рабочей смеси может нарушаться, во-первых, самовоспламенением ее при сильно перегретом двигателе или большой нагрузке (в этом случае в подшипниках появляются глухие стуки); во-вторых, явлением детонации, когда происходит взрывное сгорание части горючего со скоростью до 2 000 *м/сек* (обычная скорость 25—30 *м/сек*). При этом в двигателе слышны звонкие удары и стуки, наблюдаются черные выхлопы из глушителя и падение мощности. Детонация появляется при высоких степенях сжатия и низком октановом числе топлива. Оба эти явления (самовоспламенение и детонация топлива) вызывают ускоренный износ шатунно-кривошипного механизма.

Антидетонационные свойства топлива измеряются октановым числом. Октановым числом называется такое процентное содержание изооктана в смеси с гептаном, при котором эта смесь по антидетонационным свойствам равна данному топливу (изооктан и гептан — жидкие продукты нефти). Чем выше октановое число, тем выше и антидетонационные свойства топлива и тем большую степень сжатия допускает топливо.

Для карбюраторных двигателей применяются преимущественно так называемые крекинг-бензины, а также продукты коксохимической промышленности — бензол моторный и бензол-головка. Последние употребляются в количествах до 20% в смеси с бензинами. Для применения в зимний период бензолы малопригодны, так как они застывают при температуре от 0 до —10°.

Для повышения антидетонационных свойств бензинов к ним добавляют химические вещества, с металлической основой — этиловые жидкости В-20, Р-9 и 1-ТС. Для двигателей автотракторного типа применяют жидкость Р-9 (смесь тетраэтилсвинца с бромэтилом) красного цвета.

Этиловая жидкость Р-9 ядовита, поэтому при пользовании этилированным бензином необходимо соблюдать меры предосторожности, изложенные в правилах по применению этих бензинов. Добавление этиловой жидкости в количестве 0,2—0,3% к бензину повышает октановое число бензина на 10—15% (на 1 *кг* крекинг-бензинов добавляется 2 *г* этиловой жидкости).

Выпускаемые в настоящее время этилированные бензины марок А-66 и А-76 имеют присадку этиловой жидкости Р-9 в количестве 0,09—0,17%. Содержание основной антидетонационной жидкости — ТЭС (тетраэтилсвинец — бесцветная жидкость с удельным весом 1,6, очень ядовитая) доходит в бензинах А-66 до 0,82 *г/кг*, а в А-76 — до 0,41 *г/кг*. Для указанных бензинов действуют специальные правила безопасности при хранении, применении и обращении с ними.

2) Топливо для дизельных двигателей

Топливо для дизельных двигателей должно обладать достаточно низкой температурой самовоспламенения и надлежащей воспламеняемостью, иметь низкую температуру застывания, нейтральную реакцию и быть свободным от механических примесей. Температура самовоспламенения не должна превышать 350°.

Степень воспламеняемости выражается цетановым числом. Цетановое число показывает процент содержания цетана в такой смеси его с метилнафталином (жидкие продукты нефти и каменного угля), степень воспламенения которой соответствует степени воспламенения данного топлива. Дизельное топливо с цетановым числом ниже 40 дает «жесткую» работу дизеля с сильными стуками, пропусками и перебоями; запуск двигателя на таком топливе затруднителен. Выпускаемые отечественной промышленностью специальные виды дизельного топлива имеют цетановое число в пределах 35—50.

Применяемые сорта топлива для дизельных двигателей и их характеристика приведены в разделе первом — «Топливо».

Тяжелое моторное топливо ДТ-2 (мотонефть $М_4$) и ДТ-3 ($М_5$) требует устройств для подогрева и очистки перед подачей в двигатель.

В быстроходных дизелях впрыск топлива производится через отверстия в распылителях форсунок, диаметр которых весьма мал (по-

рядка 0,1—0,25 *мм*); давление же впрыска достигает 1 400 *кг/см²*. Во избежание засорения и обрыва сопел у форсунок открытого типа, износа плунжерных пар топливного насоса и т. д. дизельное топливо для быстроходных дизелей должно перед употреблением отстаиваться для очистки от механических примесей в течение не менее 8—10 суток в специальных расходных баках на заправочных пунктах. Заправку топливных баков двигателя следует производить только через фильтры (фланель, шелк, сукно). После длительной остановки двигателя (сутки и более) необходимо сливать из топливных баков через нижнюю спускную пробку примерно 3 *л* отстоя (передается на склад), а через 240—300 час. работы — производить промывку баков.

Для обеспечения чистоты топлива, поступающего к топливному насосу, двигатели обычно снабжаются фильтрами, встроенными в систему топливоподачи. Отстой, скапливающийся в фильтрах, необходимо ежедневно удалять, а фильтры промывать.

3) Расход топлива двигателями внутреннего сгорания

Гарантированный заводами-изготовителями минимальный расход горючего в *г* на 1 *л. с.-ч.* при номинальной мощности двигателей приведен в табл. 14. При работе двигателя с разными нагрузками удельный расход также меняется. Зависимость удельного расхода топлива g_e в *г/л. с.-ч.* и часового расхода в *кг/час* от режима работы двигателей приводится в нагрузочных и внешних характеристиках двигателей (рис. 12—18).

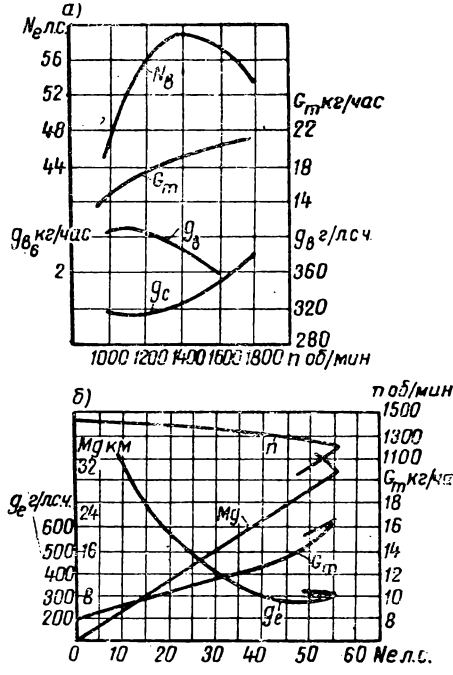


Рис. 12.

а — внешняя характеристика карбюраторного двигателя 1-МА; *б* — нагрузочная характеристика на регуляторе двигателя 1-МА

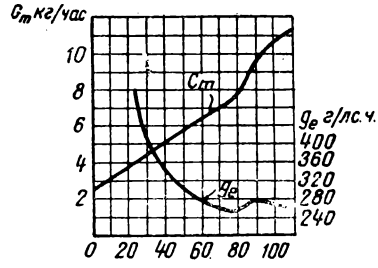
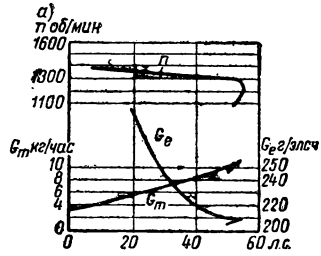


Рис. 13. Нагрузочная характеристика двигателя ГАЗ-51 (при максимальном крутящем моменте, при 1 600 об/мин)



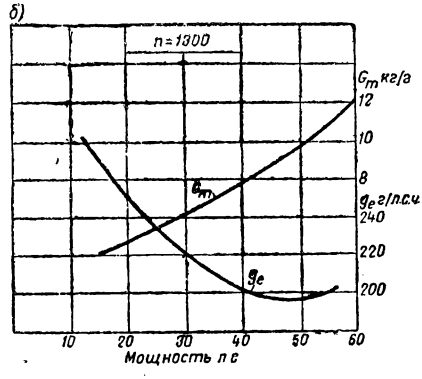


Рис. 14.

а — нагрузочная характеристика на регуляторе двигателя Д-54; *б* — нагрузочная характеристика двигателя Д-54 при постоянном числе оборотов n = 1 300 об/мин

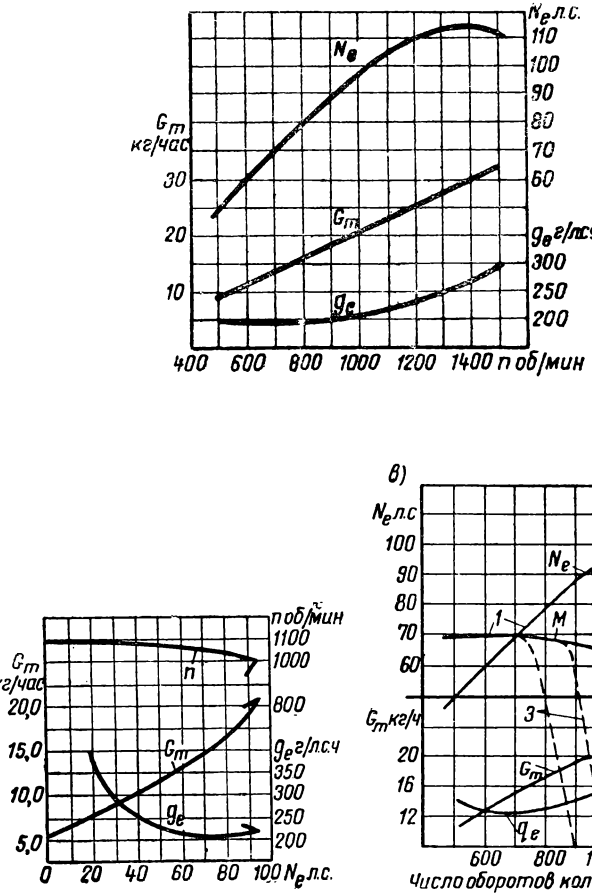


Рис. 15.

а — внешняя характеристика двигателя КДМ-46; *б* — нагрузочная характеристика двигателя КДМ-46; *в* — регуляторная характеристка двигателя КДМ-46: *1* — предельная характеристика (с корректором подачи топлива); *2* — регуляторная ветвь характеристики (при полном натяжении пружины); *3* — примерное протекание регуляторных ветвей при различных натяжениях пружины

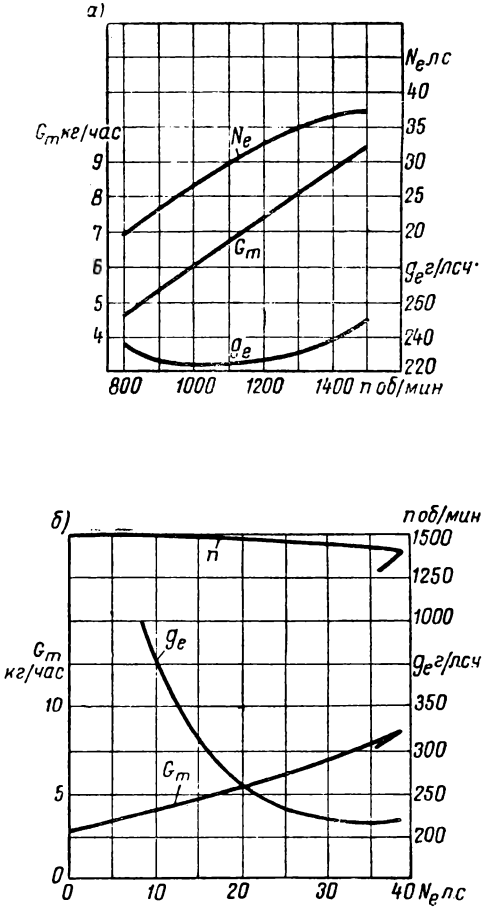


Рис. 16.

а — внешняя характеристика двигателя Д-35; *б* — нагрузочная характеристика двигателя Д-35

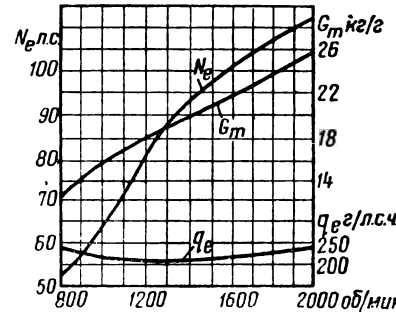


Рис. 17. Внешняя характеристика двигателя ЯАЗ-204

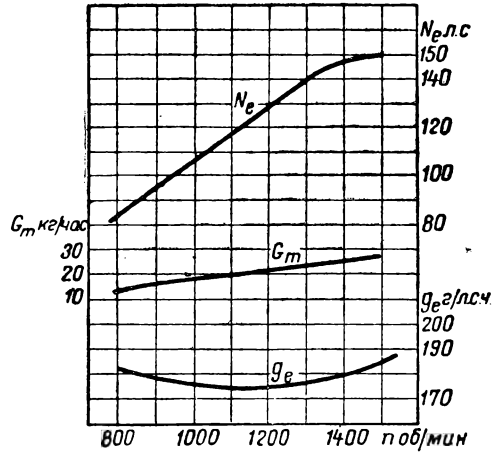


Рис. 18. Внешняя характеристика двигателя Д-6

Таблица 14

Расход топлива двигателями внутреннего сгорания на временных энергетических установках в строительстве

Тип двигателя	Основные данные двигателя		Топливо	Расход топлива	
	номинальная мощность в *л. с.*	число оборотов в мин.		минимальный расход в *г/э. л. с-ч*	средний часовой расход в *кг* при средней нагрузке
Малолитражные					
Л-3/2	3	2 200	Автобензин А-66 и А-72	330—340	0,8
Л-6/3	6	2 200	То же	330—340	1,4
Л-12/4	12	2 200	»	330—340	2,1
УД-1	4,4	3 000	»	340—350	1
УД-2	8,8	3 000	»	340—350	1,8
УД-4	17,6	3 000	»	340—350	3,5
14-85/11	5	1 500	Дизельное топливо (по ГОСТ 4749-49)	235	0,8
Автотракторные					
ГАЗ-МК (НАТИ)	30—27	1 350	Автобензин А-66 и А-72	320	5,3
ГАЗ-51	70	2 800	Автобензин А-74 и А-76	270	8
ЗИС-5 и ЗИС-5М	73—76	2 300—2 400	То же	290—295	11
ЗИЛ-120	82	2 400	»	255—260	12
У-2	22	1 200	Тракторный керосин	320	4,2
У-5	40	1 400	Автобензин	300	7
1-МА (АСХТЗ-НАТИ)	52	1 250	Тракторный керосин	315	12,3
КДМ-46	80	1 000	Дизельное топливо ДЗ и ДЛ (по ГОСТ 4749-49)	220	12
КДМ-100	90	1 050	То же	215 218—225	14 4,3
Д-24	24—26	1 400	»	235	6,5
Д-35	35—37	1 400	»	220	9
Д-54	54	1 300	»	205	16
ЯАЗ-204	110*	2 000			
Транспортные					
Д-6	150	1 500	Дизельное топливо ДЗ и ДЛ или Т-1 и Т-2	190	17,1
Д-12 и В2-300	300	1 500	То же	180	23—25
Стационарные					
Т-62	13	1 200	Соляровое масло или дизельное топливо (по ГОСТ 4749-49)	200	2,2
2Ч-8,5/11	10	1 500	То же	235	1,6
4Ч-8,5/11	20	1 500	»	230	3,2
2Ч-10,5/13	20	1 500	»	230	3,2

* Для стационарной установки следует считать 70 *л. с.*

Примечание. Если пуск дизельных двигателей производится бензиновыми пусковыми двигателями или, если прогрев двигателей производится на бензине, то расход бензина составляет 1,5—2% от расхода основного топлива.

Для плановых подсчетов расхода топлива в табл. 14 указан средний часовой его расход при обычных рабочих нагрузках, равных 60—70% номинальной мощности двигателя.

3. СМАЗКА ДВИГАТЕЛЕЙ

Для смазки карбюраторных двигателей употребляют главным образом автолы. Они относятся к группе тяжелых индустриальных масел тщательной очистки. Характеристику смазочных масел см. в разделе первом.

Температура смазочного масла в картере двигателя должна быть в пределах 70—75°, при более низких температурах происходит обводнение, а при более высоких — окисление масла, что значительно ухудшает условия смазки поршневой группы и шатунно-кривошипного механизма двигателя. Повышение температуры масла в картере выше 80° свидетельствует о неисправности двигателя или ненормальных условиях его работы. Вязкость применяемого масла зависит от температуры окружающего воздуха: при $t°$ воздуха до +5° должны применяться масла с вязкостью $ВУ_{50}$=8—10°; при температуре до —10°—$ВУ_{50}$=6°; до —20°—$ВУ_{50}$=4°; до —30°—$ВУ_{50}$=3—3,5°.

Применяемые сорта масел для двигателей (картеров) приведены в табл. 15.

Таблица 15

Масла для двигателей

Тип двигателя	Марки масел		Периодичность смены масла в картере
	летом	зимой	
ГАЗ-ММ, ЗИС-5, ЗИС-5м и аналогичные	Автолы $АС_{п}$-9,5 и $АК_{п}$-9,5	Автолы АС-5, $АК_{п}$-5 и $АКЗ_{п}$-10	Через 120 час. работы
ГАЗ-51, ЗИЛ-120 и др. карбюраторные двигатели, подшипники которых имеют вкладыши с высокооловянистыми баббитами	Автолы $АКЗ_{п}$-10 и $АК_{п}$-9,5	Автолы АС-5, $АК_{п}$-5 и $АКЗ_{п}$-6	Через 100 час. работы
Тракторные двигатели: керосиновые, АСХТЗ-НАТИ У-2 и др.	Автолы АК-15 (№ 18)	Автолы АК-10 № 10	Через 80 час. работы

При изношенной поршневой группе в результате попадания горючего в картер масло может быстро разжижаться до вязкости $ВУ_{50}$=2°. Такое резкое падение вязкости и неизбежное при этом загрязнение масла шламом вызывают усиленный износ двигателя.

В этих случаях смена масла необходима раньше установленного срока.

Для смазки дизельных двигателей употребляются специальные масла, так как режимы работы масла в этих двигателях, особенно в быстроходных, резко отличается от карбюраторных. В дизельных двигателях при исправной поршневой группе масло не разжижается, а, наоборот, густеет, загрязняется и окисляется.

В современных быстроходных дизелях ввиду больших удельных давлений применяются подшипники с заливкой из антифрикционного

Таблица 16

Смазочные масла для стационарных дизелей до 750 об/мин и сроки их смены

Тип двигателя	Марка масла	Периодичность смены масла
Нефтяные калоризаторные двигатели, дизели до 105 *л.с.* с приработавшимися поверхностями, дизели с мощностью в цилиндре менее 100 *л.с.*	Моторное М (по ГОСТ 1519-42)	От 300 до 1 500 час. работы, в зависимости от конструкции двигателя и технических условий завода-изготовителя
Дизели с мощностью в цилиндре 100 *л.с.* и более, а также дизели до 105 *л.с.* сильно изношенные	Моторное Т (по ГОСТ 1519-42)	То же

Примечание. Для указанных двигателей могут применяться и автолы соответствующей вязкости.

Таблица 17

Смазочные масла для быстроходных дизелей и периодичность их смены

Тип двигателя	Марка масла		Периодичность смены масла
	летом	зимой	
Тракторные	Дизельное масло		
Д-35, Д-54, КДМ-46, КДМ-100 и аналогичные	$Д_{п}$ -11 и $Д_{п}$ -14 (по ГОСТ 5304-54)	$Д_{п}$ -8 (по ГОСТ 5304-54)	Через 80—120 час. работы
Транспортные			
ЯАЗ-204, ЯАЗ-206	То же	То же	Через 60—70 час. работы
Д-6, 2Д-6, 3Д-6	Авиамасло МС-20 и МК-22 (по ГОСТ 1013-49) Индустриальное №-50 (по ГОСТ 1707-51)	$МТ-16_{п}$ (по ГОСТ 6360-58) $Д_{п}$ -8 (по ГОСТ 5304-54) и МС-14 (по ГОСТ 1013-49)	Через 75 час. работы
Д-12, В2-300	То же	То же	
Стационарные	Дизельное масло		
Ч-8,5/11, Ч-10,5/13 и аналогичные Ч-23/30	$Д_{п}$ -11 и $Д_{п}$ -14	$Д_{п}$ -8и $МТ-16_{п}$	Через 100 час. работы
	или смесь: авиамасло МС-20 или МК-22—50—75%, трансформаторное масло — 50—25%		

сплава со свинцовистой бронзой или кадмием; эти сплавы подвержены разъеданию минеральными кислотами, образующимися в масле при работе дизеля. В этом случае к дизельным маслам (к их стабильности) предъявляются более высокие требования, чем к маслам для тихоходных дизелей.

Все отработанные индустриальные и автотракторные масла подлежат обязательному сбору и использованию вновь после очистки и регенерации.

В двигателях автотракторного типа при регулярной и своевременной очистке и смене фильтрующих элементов маслофильтров (через 80—120 час.) содержание в масле шлама и других загрязняющих масло веществ может значительное время поддерживаться на необходимом уровне. В этих случаях для двигателей, находящихся в хорошем техническом состоянии (мало изношенные или вышедшие из капитального и среднего ремонта), может быть допущена смена масла в картерах двигателей через 160—200 час. При этом отстой в картерах и фильтрах необходимо сливать через каждые 30—40 час. работы.

В изношенных двигателях сроки смены масла должны быть уменьшены, так как газы, прорывающиеся в картер, оказывают сильное влияние на ускорение старения масла и отложение шлама.

При смене масла желательно продувать масляные каналы двигателя сжатым воздухом и тщательно промывать систему смазки маслом с малой вязкостью в течение 5—8 мин. на холостом ходу.

4. ОХЛАЖДЕНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ

Вода, используемая для охлаждения двигателей, должна быть мягкой и свободной от химических примесей, образующих накипь. Недопустимо применение воды, содержащей значительное количество солей, осаждающихся при температурах ниже 80—85°.

При необходимости применения жесткой воды производят умягчение ее каустической содой (0,5—1 *г* на 1 *л* воды).

Таблица 18

Температура охлаждающей воды

Тип двигателя	Температура охлаждающей воды в град.	
	на входе	на выходе
Карбюраторные	40—45	80—85
Быстроходные дизельные	50—55	80—90
Стационарные тихоходные дизельные	30—35	55—65

Регулирование температуры охлаждающей воды у двигателей, работающих с замкнутой системой (с радиаторами), производится путем изменения количества охлаждающего радиатор воздуха, для чего изменяют число оборотов вентилятора, натяжение приводных ремней и число лопастей вентилятора, или раскрытием жалюзей (шторок) для воздуха. В быстроходных двигателях температура воды при пуске регулируется автоматически при помощи специального прибора — термостата, устанавливаемого на выходном водяном патрубке двигателя. В стационарных двигателях, работающих с циркуляционной системой

охлаждения, температура регулируется количеством воды, проходящей через двигатель, т. е. соответствующим открытием вентиля на выходном патрубке. При работе двигателя вентиль на входном патрубке должен быть открыт полностью.

Систему охлаждения очищают от накипи не реже двух раз в год слабым раствором соляной кислоты (25—50 *г* на 1 *л* воды) или раствором каустической соды (1 *кг* на 10 *л* воды) с добавлением 0,5 *л* керосина. Раствор оставляется в двигателе на 6—12 час.; после прогрева двигателя на средних оборотах систему промывают водой.

У стационарных тихоходных дизелей рубашку и головку цилиндров промывают более крепким раствором соляной кислоты (1 : 5—8) без пуска двигателя. Для размягчения накипи раствор должен пробыть в двигателе не менее 20—24 час.

5. ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БЫСТРОХОДНЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Все быстроходные дизельные двигатели приведенных выше типов работают с высоким тепловым режимом — температура воды на выходе должна быть в пределах 80—90°, а температура масла — до 85—95°. Двигатели оборудованы специальными масляными радиаторами трубчатого типа для охлаждения масла и маслофильтрами грубой и тонкой очистки. Предусмотрена многократная очистка топлива и воздуха.

Тракторные двигатели КДМ-46, КДМ-100, Д-54 и Д-35 пускаются в ход при помощи имеющихся у них специальных пусковых бензиновых двигателей и имеют декомпрессионное устройство, а транспортные ЯАЗ-204, Д-6, Д-12 и В2-300 имеют стартерный пуск. На двигателях ЯАЗ-204 и ЯАЗ-206 предусмотрены сухие гильзы цилиндров (не омываемые непосредственно водой), сменяемые без снятия двигателя. Блоки двигателей Д-6 и В2-300 изготовляются из алюминиевого сплава, Д-12 — чугунные со стальными гильзами. Шатунные и коренные подшипники скользящего типа имеют вкладыши на свинцовистой бронзе. У дизелей Д-6 и В2-300 имеются воздушные пусковые клапаны и дополнительное устройство для возможности пуска их сжатым воздухом под давлением 30—90 *ати* (в качестве резерва к стартерному пуску).

Усилия, развиваемые во время работы в цилиндрах дизеля, в 2,5—3 раза выше развиваемых в цилиндрах карбюраторного двигателя. Сопряженные детали поршневой группы и шатунно-кривошипного механизма получают большую динамическую нагрузку, которая увеличивает удельные давления в этих механизмах и ускоряет их износ.

Коренные и шатунные подшипники работают в условиях повышенного температурного режима. Средняя температура в подшипниках достигает 100—120°.

Применение в подшипниках коленчатого вала свинцовистой бронзы повышает требования к чистоте масла, так как твердые частицы, попавшие с маслом в подшипник, быстро нарушают гладкость поверхности антифрикционной заливки и чистоту шеек коленчатого вала. При эксплуатации дизеля в отдельных случаях может возникнуть полужидкостное или полусухое трение в подшипниках. Это наблюдается при пуске холодного двигателя после длительной остановки и при резко меняющемся режиме работы, когда вследствие ударных нагрузок на подшипники нарушается масляная пленка. В связи с этим приобретает

особое значение тщательность надзора за исправной работой системы смазки дизеля.

Поршневая группа чаще всего смазывается только разбрызгиванием, поэтому длительная работа двигателя с минимальными оборотами недопустима, так как при этом подача смазки на стенки цилиндров и к поршневым пальцам резко снижается.

При эксплуатации двигателей необходимо периодически промывать и заменять элементы топливных и масляных фильтров согласно заводским инструкциям: работа фильтров только в том случае полноценна, если за ними ведутся надлежащий надзор и уход.

Современные быстроходные дизельные двигатели имеют весьма малые зазоры в сопряжениях, обладают благодаря точной обработке деталей значительной конструктивной жесткостью и поэтому соблюдение нормального теплового режима для них является основным условием исправной работы двигателя. Нарушение этого режима резко сокращает срок службы двигателя и нередко совсем выводит его из строя.

Дизельные двигатели работают с коэффициентом избытка воздуха, в 1,5—2 раза большим, чем карбюраторные. У дизельных двигателей на образование рабочей смеси непосредственно в камере сгорания отводится значительно меньше времени, чем у карбюраторных, а качество смеси зависит от формы камеры и качества работы топливной аппаратуры.

Для дизельных двигателей полное сгорание топлива и наиболее экономичный режим достигаются при коэффициенте избытка воздуха α=1,4—2, в то время как режим максимальной возможной мощности у них имеет место при α=1—1,2; при этом работа двигателя сопровождается сильным дымлением. Работа на режиме пониженной мощности, а также на холостом ходу отличается бездымным выхлопом, так как при этом коэффициент избытка воздуха может достигать величин 4,5—8.

Перегрузка дизельных двигателей сверх номинальной (паспортной) мощности сопровождается значительной неполнотой сгорания топлива и сильным дымлением, что приводит к усиленному нагарообразованию у поршневой группы и клапанной системы и к загрязнению смазочного масла.

Обычно максимально допускаемая (номинальная) мощность получается при α=1,3—1,6; при этом удается получить бездымную работу двигателя. В связи с этим для обеспечения исправной и надежной работы двигателя при эксплуатации его следует добиваться бездымной работы и уделять особое внимание очистке поступающего в дизель воздуха, так как пыль и нагар, попадая в цилиндры двигателя, могут сократить срок его службы в несколько раз.

III. ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ

1. ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫЙ РЕМОНТ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОГО И ТРАНСПОРТНОГО ТИПОВ (И АНАЛОГИЧНЫХ)

Обкатка двигателей производится после проведения среднего ремонта и каждой смены поршневых колец, при сниженных нагрузках и средних оборотах в продолжение 3—5 час. После окончания обкатки масло в картере двигателя сменяют.

Обкатка новых двигателей производится в течение 50—60 час. в эксплуатационных условиях с постепенным увеличением нагрузки в соответствии с ГОСТ 491-55, а именно:

2 часа	на холостом ходу
10 час.	под нагрузкой 30—35%-ной от номинальной
30 »	» » 50%-ной » »
18 »	» » 60—75%-ной » »

После обкатки сменяется масло в картере, производится чистка фильтров грубой очистки и меняются элементы тонкой очистки масла.

Таблица 19

Перечень работ при ремонтах и их периодичность

Тип ремонта	Наименование работы	Межремонтные сроки (число часов работы двигателя)
Текущий ремонт № 1 (технический уход № 1)	Промывка воздухоочистителей, смена масла в картере двигателя, промывка картера и фильтрующих элементов, смена элемента тонкой очистки, очистка запальных свечей и регулировка зазоров проверка приборов, проверка затяжки головки блока. Проверка зазоров выхлопных клапанов, топливных насосов, креплений узлов, клапанных пружин, натяжения ремней. Спуск отстоя из топливного бака, выпуск воздуха из топливопроводов.	80—120
Текущий ремонт № 2 (технический уход № 2)	Регулирование зазоров, клапанов, чистка отверстий форсунок, проверка, регулирование газораспределения, подтяжка шпилек крепления головки блока, смена элементов топливных и масляных фильтров. Проверка циркуляции топлива, промывка топливных баков и топливопроводов, проверка электрооборудования Проверка и регулировка узлов двигателя, компрессии цилиндров, форсунок; чистка продувочных окон у двухтактных дизелей. Промывка системы охлаждения. Регулирование карбюратора и распределения. Снятие головки блока и очистки нагара. Проверка клапанов (и притирка) топливного насоса, подшипников коленчатого вала без вскрытия их. Смена поршневых колец, если это предусмотрено инструкцией (например, у Д-6 и В2-300)	240—300 480—600 720—1 200
Средний ремонт	Полная разборка двигателя, контрольная проверка блока, распределительного механизма, замена или ремонт износившихся деталей, контрольный замер шеек вала, смена поршневых колец и вкладышей	1440—2000

Примечания. 1. В текущий ремонт № 2 входят также все виды работ, указанные для текущего ремонта № 1, а при среднем ремонте выполняются все работы, входящие в текущие ремонты № 1 и 2.

2. Потребность в капитальном ремонте — смене гильз, поршней, ремонте коленчатого вала и других основных частей — выявляется при проведении среднего ремонта.

3. Указанная периодичность работ является максимальной для современных быстроходных двигателей (более 750 об/мин), периодичность устанавливается согласно инструкции заводов-изготовителей и зависит от конструкции двигателя.

2. ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫЙ РЕМОНТ ДВИГАТЕЛЕЙ СТАЦИОНАРНОГО ТИПА

Таблица 20

Перечень работ при ремонтах и их периодичность

Наименование ремонтных работ	Межремонтные сроки (число часов работы двигателя)
Осмотр, испытание и чистка форсунок с притиркой игл	500—1 000
Разборка, чистка и притирка выхлопных клапанов	1 500
Разборка и притирка клапанов, проверка действия топливных насосов, проверка положения кулачковых шайб распределительного вала	2 500
Смена масла в картере и промывка рамы	1 500
Полная очистка и промывка масляных и топливных фильтров	2 500
Осмотр и промывка регулятора	2 500
Проверка действия привода маслонасоса	1 500
Проверка зазоров шатунных подшипников и замер шатунных болтов	2 500
Разборка шатунных подшипников для проверки шеек, регулировки зазоров и т. д., проверка шатунных болтов	5 000
Разборка, осмотр и ремонт коренных подшипников	5 000
Подъем коленчатого вала для проверки его положения в подшипниках	5 000
Выемка поршней для осмотра, очистки и смены поршневых колец	2 500
Проверка состояния шестерен и их ремонт	5 000
Ремонт механизма движения клапанов	5 000
Чистка водяных рубашек и крышек от накипи и промывка их	2 500

3. ОСНОВНЫЕ МОНТАЖНЫЕ ДАННЫЕ ПО АВТОТРАКТОРНЫХ И

Показатели	Тип дви		
	ГАЗ-МК	ГАЗ-51	ЗИС-5 и ЗИС-5м
Диаметр шеек коленчатого вала в *мм*:			
коренных	50,77	64	66,6
шатунных	47,6	51,5	57,075
Толщина слоя заливки в коренном подшипнике в *мм*	у 1-го и 2-го подшипников 0,8, у 3-го подшипника 1,6	0,25	1,5
Толщина слоя заливки в шатунном подшипнике в *мм*	0,8	0,25	1,5
Зазор между коренной шейкой и подшипником в *мм*	0,026—0,05	0,026—0,077	0,04—0,09
Осевой зазор между коренной шейкой и установочным подшипником в *мм*	0,051—0,208	0,075—0,175	0,05—0,18
Количество и толщина регулировочных прокладок в коренном подшипнике с одной стороны в *мм*	2 по 0,14, 3 по 0,05	—	3 по 0,08 1 на 0,05
Общая толщина прокладок коренного подшипника в *мм*	0,43	—	0,29
Зазор между шатунной шейкой и подшипником в *мм*	0,013—0,06	0,012—0,063	0,025—0,07
Осевой зазор шатунной шейки и подшипника в *мм*	0,15—0,25	0,15—0,3	0,1—0,3
Количество и толщина регулировочных прокладок в шатунном подшипнике с одной стороны в *мм*	1 на 0,14, 3 на 0,05	—	6 по 0,08, 1 на 0,05
Общая толщина прокладок шатунного подшипника в *мм*	0,29	—	0,53
Зазор между цилиндром и юбкой поршня в *мм*	0,075	0,024—0,036	0,06—0,1

Таблица 21

ШАТУННО-КРИВОШИПНОМУ МЕХАНИЗМУ ТРАНСПОРТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

гателя

ЗИЛ-120	СХТЗ	1-МА	Д-35	Д-54	КДМ-46 и КДМ-100	ЯАЗ-204 и ЯАЗ-206
66,6	Передних 75, задних 90	85	85	85	95	88,9
62	73	85	75	85	92	69,85
0,3	—	1	0,5	0,5	1,5	0,5—0,7
0,3	2,5	1	0,5—0,7	0,5	0,1—0,3	0,5—0,7
0,026—0,09	—	0,05—0,09	0,08—0,12	0,08—0,12	0,04—0,096	0,05—0,091
0,05—0,23	—	0,12—0,3	0,095—0,141	0,1	0,1—0,5	0,072—0,188
1 на 0,05, удаляются при первой смене поршневых колец	—	2 по 0,2, 2 по 0,1 2 по 0,05	—	—	—	—
0,05	—	0,7	—	—	—	—
0,012—0,064	0,02—0,08	0,05—0,09	0,06—0,1	0,08—0,12	0,04—0,096	0,05—0,091
0,075—0,26	0,2—0,52	0,2—0,63	0,16—0,33	0,1	0,23—0,69	0,072—0,188
1 на 0,05 удаляется при ремонте № 1	2 по 2, 10 по 0,05 5 по 0,1	2 по 0,2, 2 по 0,1, 2 по 0,05	—	—	—	—
0,05	5	0,7	—	—	—	—
0,1	0,1—0,14	0,14—0,18	0,18—0,22	0,18—0,22	0,32—0,35	0,16—0,3

Показатели	Тип дви		
	ГАЗ-МК	ГАЗ-51	ЗИС-5 и ЗИС-5м
Зазор между поршневым кольцом и канавкой поршня по высоте в *мм*	0,04—0,07	(0,05—0,15)—0,07	0,07
Зазор в замке колец в *мм*	0,25—0,38	0,2—0,45	0,15—0,45
Зазор между поршневым пальцем и верхней головкой шатуна в *мм*	0,018	0,0045—0,0095	—
Зазор или натяг поршневого пальца в бобышке поршня в *мм* (*Н* — натяг, *З* — зазор)	*Н* — 0,018	*Н* — 0,0025—0,0075	*З* — 0,008—0,016
Исполнение подшипников:			
коренных	Баббит, залитый в тело	С тонкостенными вкладышами, залитыми баббитом	Верхняя половина подшипника залита баббитом во вкладыш, нижняя — в тело крышки
шатунных	Баббит, залитый в тело	С тонкостенными вкладышами, залитыми баббитом	Баббит, залитый в тело шатуна
распределительного вала . . .	Бронзовые втулки в перегородках блока	Стальные втулки, залитые	

Примечания. 1. Размеры приведены номинальные. Допуски по всем узлам и ханизма устанавливаются техническими условиями заводов-изготовителей.

2. Уменьшение диаметра коленчатого вала из условий прочности и сохранения обработки вала. Максимальное уменьшение диаметра вала допускается для двигателей и других высокооборотных дизелей—на 0,75—1 *мм*; для двигателей дизелей Д-35, Д-54,

3. Конусность и овальность шеек вала и цилиндра двигателей для обеспечения нор

конусность шеек вала . . . . . .
» цилиндра . . . . . .
овальность шеек вала . . . . . .
» цилиндра . . . . . .

4. Для двигателей ЗИС-5, ГАЗ-МК, СХТЗ, 1-МА применяют, как правило, баббит ГОСТ 1320-55). Двигатели КДМ-46 (с заводского № 78678) имеют шатунные вкладыши распределительного вала залиты баббитом Б-83. У КДМ-100 вкладыши коренных под

Продолжение табл. 21

гателя						
ЗИЛ-120	СХТЗ	1-МА	Д-35	Д-54	КДМ-46 и КДМ-100	ЯАЗ-204 и ЯАЗ-206
0,04—0,06	0,08	0,06	0,05—0,12	0,08—0,12	0,042—0,102	У компрессионных 0,2—0,27 и у маслосъемных 0,08
0,15—0,45	0,2—0,45	0,15—0,25	0,4—0,65	0,4—0,65	0,45—0,8	0,15—0,8
0,003—0,007	0,02	0,02	0,003—0,015	0,003—0,015	0,026	0,064—0,084
Н — 0,005—0,0075	*Н* — 0,03	*Н* — 0,01	*Н* — 0,007, *З* — 0,001	*Н* — 0,005	*Н* — 0,002 0,02	*Н* — 0,005
С тонкостенными вкладышами, залитыми баббитом	Шарикоподшипниковые	Стальные вкладыши, залитые баббитом	Тонкостенные вкладыши, залитые свинцовистой бронзой СБ-30		Тонкостенные вкладыши, залитые баббитом	Тонкостенные вкладыши, залитые свинцовистой бронзой СБ-30
С тонкостенными вкладышами, залитыми баббитом	Вкладыши, залитые баббитом	Баббит, залитый в тело шатуна	Тонкостенные вкладыши, залитые свинцовистой бронзой СБ-30		Тонкостенные вкладыши, залитые баббитом	Тонкостенные вкладыши, залитые свинцовистой бронзой СБ-30
баббитом	Бронзовые втулки		Стальные втулки, залитые баббитом			

деталям, а также ремонтные размеры поршневой группы шатунно-кривошипного ме-

твердости поверхностного слоя допускается в зависимости от марки металла и условий ГАЗ-51 — на 2 *мм*; ЗИЛ-120 — на 3 *мм*; ЗИС-5 — на 5 *мм*; для двигателей ЯАЗ-204 КДМ-46 — на 2 *мм*.

мального срока службы не должна выходить из следующих размеров в *мм*:

0,05 —0,08
0,015—0,02
0,18
0,05 —0,08

БТ или БН (ГОСТ 1320-55); для двигателей ГАЗ-51, КДМ-46, ЗИЛ-120 — баббит Б-83 дизеля и пускового двигателя с заливкой баббитом БТ; коренные подшипники и втулки шипников залиты баббитом БК-2 с толщиной слоя от 0,15 до 0,35 *мм*.

Таблица 22

Физические свойства баббитов Б-83 и БТ

Марка баббита	Удельный вес	Температура плавления в град.	Температура заливки в град.	Твердость по Бринелю	Полуда под заливку
Б-83	7,38	231—380	400	30	Олово
БТ	9,55	327—390	420—450	25	ПОС-30

Примечание. Вкладыши с заливкой баббитом БТ подвергаются термической обработке — нормализации после заливки при температуре 150±5° с выдержкой в течение 2 час.

IV. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Пуск и эксплуатация двигателей в зимнее время вне отапливаемых помещений связаны со следующими основными затруднениями:

1) ухудшаются условия создания рабочей смеси, подачи и воспламенения топлива;

2) застывает масло в картере и узлах двигателей;

3) вода замерзает в системе охлаждения, частицы воды скапливаются и замерзают в топливопроводах;

4) падает напряжение и уменьшается емкость аккумуляторных батарей.

Установлено, что при пуске непрогретого двигателя, даже по одному разу в смену, износ его сопряжений составляет до 70% всего износа. В связи с этим при температуре от +5° и ниже двигатели переводятся на зимний режим работы, чем предупреждается усиленный износ двигателя.

2. ПОДГОТОВКА ДВИГАТЕЛЯ К РАБОТЕ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

Перевод двигателя на зимний режим работы требует проведения следующих подготовительных мероприятий:

1) очередного текущего ремонта двигателя;

2) промывки и очистки системы охлаждения;

3) промывки топливных баков, топливопроводов, фильтров, замены элементов в топливных фильтрах;

4) промывки масляной системы и маслофильтров, замены элементов в масляных фильтрах;

5) смены летнего масла на зимнее в картере и во всех узлах двигателя согласно карте смазки;

6) перевода всего вспомогательного оборудования (аккумуляторных батарей и другого электрооборудования, подогревателей и пр.) на зимний режим эксплуатации.

3. СИСТЕМА ПИТАНИЯ

При температуре ниже +5° для дизельных двигателей применяется зимнее дизельное топливо. При температуре ниже —15° к зимнему дизельному топливу добавляют тракторный керосин в количестве:

при температуре — 15, — 25° 10%
» » — 25, — 35° 25%
» » ниже — 35° . . . . . 50—70%

Смешивание керосина с дизельным топливом производится перед заливкой в двигатель. В случае применения солярового масла к нему также прибавляют до заливки в бак 15—40% керосина в зависимости от температуры наружного воздуха.

Для дизельных двигателей ЯАЗ-204, Д-6 и В2-300 необходимо применять зимнее дизельное топливо ДЗ или улучшенное топливо для быстроходных дизелей (ГОСТ 4749-58). Т-1, ТС-1.

В случае крайней необходимости его можно заменить тракторным керосином с добавлением 2% (по весу) авиамасла МК. Топливо из крекинг-продуктов, а также соляровое масло применять для этих двигателей не рекомендуется. Чистота топлива и отсутствие воды в бензине и дизельном топливе являются обязательным условием нормальной работы двигателей зимой.

Карбюраторные двигатели в зимнее время переводятся на бензин марки А-72 (ГОСТ 2084-56), а двигатели со степенью сжатия больше 6 — на бензин марки А-74. У бензиновых двигателей в карбюраторах ставятся жиклеры увеличенного сечения (зимние).

4. СИСТЕМА СМАЗКИ

В зимнее время для облегчения пуска и обеспечения подачи масла к сопряжениям деталей система смазки двигателей заполняется менее вязкими маслами. Карты смазки даются заводами-изготовителями и должны точно выполняться во избежание преждевременного выхода двигателей из строя.

При работе даже на зимних сортах масел в условиях низких температур или на маслах с большей вязкостью, чем это необходимо, может наблюдаться повышение температуры подшипников, что указывает на недостаточную подачу масла (при исправной системе смазки). В этом случае следует добавить менее вязкое нейтральное масло, например турбинное Т (до 20—50%) или УТ (до 10—30%). При работе на маловязких маслах, например на маслах СУ, Т или УТ и т. д., может также иметь место повышение температуры подшипников, что указывает на недостаточную смазывающую способность масла. В этом случае к маслу необходимо добавить свежего масла МЗС (до 10—25%); вязкость смеси должна быть в пределах $ВУ_{50}$=4,5 ÷ 3,5.

При температуре окружающего воздуха ниже +5 —0° заполнение картера двигателя перед пуском производится подогретым маслом (до 65—75°, но не выше). При остановке двигателя на длительное время обязательно сливать масло из картера.

Непрогретые двигатели, имеющие масляные радиаторы, нельзя прогазовывать во избежание разрыва радиаторов. Современные быстроходные двигатели (особенно дизельные) нельзя оставлять в работе при оборотах менее 800—700 в 1 мин., так как при этом поступление масла к поверхностям смазки резко уменьшается, а масло быстро загрязняется и качество его ухудшается.

5. СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ

Прогрев блока двигателя перед пуском в зимнее время производится горячей водой, нагретой до 70—90°. Горячая вода обычно тре-

буется в количестве, равном двух-трехкратному объему системы охлаждения. Для сокращения пускового периода, сохранения тем самым качества масла и уменьшения износа двигателя в некоторых из них предусмотрены термостаты, автоматически регулирующие температуру системы охлаждения.

Термостат поддерживает температуру блока в пределах 75—80°. Если по условиям работы двигатель приходится останавливать на продолжительное время, то во избежание замораживания системы охлаждения ее заполняют незамерзающим составом — спиртовой смесью или антифризом В-2. Перед заливкой в систему антифриз можно подогревать до температуры не выше +80°. При работе двигателя температуру воды или антифриза следует поддерживать не ниже 50—70°. При охлаждении системы ниже этой температуры нагружать двигатель до восстановления температуры не следует.

Антифриз В-2 является смесью этиленгликоля с водой. Эта смесь даже при замерзании увеличивается в объеме только на 0,25% (вода на 9%) и при этом замерзший антифриз представляет рыхлую массу и не может вызвать разрыва радиатора или блока двигателя. В работе антифриз увеличивает свой объем (от нагревания) и поэтому заправлять его следует на 5—6% меньше объема системы охлаждения. Вследствие ядовитости антифриза необходимо соблюдать все положенные правила безопасности.

Таблица 23

Характеристика гликолевого антифриза В-2

Содержание этиленгликоля в %	Температура замерзания в град.	Удельный вес смеси при 20°	Содержание этиленгликоля в %	Температура замерзания смеси в град.	Удельный вес смеси при 20°
100	—12	1,114	55	—42	1,073
90	—30	1,106	50	—34	1,068
79	—49	1,09	40	—24	1,057
70	—67	1,089	30	—13	1,043
67	—75	1,086	20	—9	1,029
60	—55	1,079	—	—	—

Примечание. При работе антифриза испаряется только вода, так как температура кипения этиленгликоля 197,5°.

6. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

В зимнее время работа карбюраторных двигателей с батарейным зажиганием, а также пуск в работу двигателей, имеющих стартерный запуск, зависит от состояния аккумуляторной батареи.

Удельный вес электролита и степень зарядки батареи имеют важное значение для работы в зимнее время. Следует иметь в виду, что при удельном весе 1,3 электролит переносит охлаждение до —50—60°; при удельном весе 1,2 он может замерзнуть при —25° и при удельном весе 1,15 — при —15°.

Емкость батареи резко уменьшается при понижении температуры электролита; так, например, при —20° она составляет менее 40% нормальной, при —30° — всего 20% нормальной (см. выше рис. 11).

В случае повышенного сопротивления двигателя прокручиванию

падение емкости батареи еще более осложняет пуск двигателей, особенно дизельных, которым при пуске требуется большее число оборотов, чем для карбюраторных (до 300 об/мин). Плотность электролита и степень зарядки батареи для зимнего режима были указаны выше в табл. 9.

Холодные аккумуляторные батареи не поддаются нормальной зарядке, поэтому в зимнее время должны быть приняты меры к тщательному отеплению батарей войлоком в несколько слоев или другим способом. Если двигатель остановлен на продолжительное время (более чем на 3—4 часа), батарея должна быть снята и поставлена в теплое помещение.

Запальные свечи у двигателей с повышенными степенями сжатия (ЗИЛ-120 и аналогичных) ставятся более «горячие», так называемые зимние (НА-11/14 у ЗИЛ-120).

У дизельных двигателей приводятся в действие подогреватели воздуха в дополнительных камерах (со свечами накаливания и дополнительной форсункой) или включается в действие подогревательное устройство для общего подогрева двигателя.

РАЗДЕЛ СЕДЬМОЙ

КОМПРЕССОРЫ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В зависимости от величины давления или напора машины для изменения плотности воздуха делятся на:

компрессоры — при давлении 3 *ати* и более;
воздуходувки — » » от 0,1 до 3 *ати*;
вентиляторы — » » до 0,1 *ати*.

Компрессоры бывают: поршневые, турбинные и ротационные.

2. ПОРШНЕВЫЕ КОМПРЕССОРЫ

Поршневые компрессоры подразделяются: а) по положению цилиндров — на горизонтальные и вертикальные; б) по способу действия — на компрессоры простого (одинарного) действия, в которых всасывание и сжатие происходят с одной стороны поршня, и двойного действия, в которых всасывание и сжатие происходят с обеих сторон поршня; в) по числу ступеней — на одноступенчатые (до 6—7 *ати*), двухступенчатые (до 25 *ати*) и многоступенчатые (более 25 *ати*) в зависимости от того, в одном или последовательно в нескольких цилиндрах совершается сжатие воздуха до конечного давления.

3. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

Производительность компрессора измеряется количеством $м^3/мин$ всасываемого свободного воздуха, приведенного к нормальным условиям, т. е. к давлению 760 *мм* рт. ст. (1,033 *ата*) и температуре 0° (273° абс.); обозначается в $нм^3$ (нормальный кубический метр воздуха).

В многоступенчатых компрессорах производительность определяется по количеству всасываемого свободного воздуха цилиндром низкого давления.

Производительность компрессора в $м^3/мин$ определяется по формуле

$$Q = FS\eta_{об}ni,$$

где F — площадь поршня в $м^2$ цилиндра всасывающего атмосферный воздух;
S — ход поршня в *м*;
$\eta_{об}$ — коэффициент наполнения (иначе — объемный к. п. д. компрессора);
n — число оборотов вала в мин.;
i — коэффициент, учитывающий действие компрессора; для простого действия $i=1$, для двойного $i=2$.

Значение коэффициента наполнения $\eta_{об}$ при вредном пространстве, равном ~ 4% объема цилиндра, приведено в табл. 1.

Таблица 1

Значения коэффициента наполнения

Тип компрессора	Конечное давление по манометру в *ати*						
	2	3	4	5	6	7	8
Одноступенчатый новый . . .	0,9	0,88	0,85	0,83	0,81	0,8	0,78
Находящийся в эксплуатации	0,8	0,79	0,77	0,75	0,73	0,71	0,7
Двухступенчатый новый . . .	—	—	—	—	0,91	0,91	0,9
Находящийся в эксплуатации	—	—	—	—	0,81	0,81	0,8

Фактически поданное компрессором количество воздуха определяется, кроме того, коэффициентом подачи λ. Этот коэффициент учитывает конструктивные особенности компрессора. Наибольшее влияние на коэффициент подачи оказывают потери сжатого воздуха вследствие неплотностей в компрессоре, температуры всасывания, сопротивления в воздушных трактах и др. Величина коэффициента подачи λ может быть определена по формуле

$$\lambda = \frac{v_{полез}}{v_{вс}} = \frac{G_{полез}}{G_{вс}} = \frac{v_2 \dfrac{t_1 + 273}{t_2 + 273}}{FS\eta_{об}}.$$

Величина λ колеблется в пределах 0,7—0,92.

Практически при прочих равных условиях производительность и экономичность работы компрессора в значительной степени зависят от температуры всасываемого воздуха и барометрического давления. Указанная зависимость приведена на рис. 1.

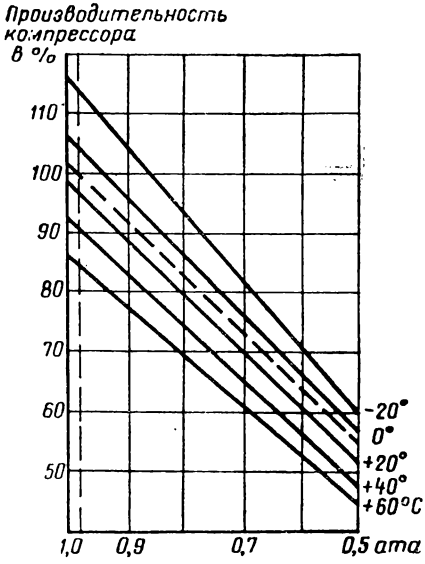


Рис. 1. Изменение производительности компрессора в зависимости от температуры и давления всасываемого воздуха

В производственных условиях с достаточной степенью точности производительность (рабочая) компрессора определяется способом наполнения контрольного ресивера или емкости. Замерив время напол-

нения емкости t в сек., давление p_2 и p_1 в *атм* абс., температуру T_2 воздуха в емкости и T_1 — наружную, определяют производительность Q в $м^3/мин$ по формуле

$$Q = v_{\text{рес}} \frac{60}{t} \frac{p_2 T_1}{p_1 T_2}.$$

Для стационарных установок измерение производительности (или расхода) по нагнетательному воздухопроводу производится с помощью приборов Пито, Прандтля или дифференциальных манометров.

4. ПРИВЕДЕНИЕ ОБЪЕМА СЖАТОГО ВОЗДУХА К НОРМАЛЬНЫМ УСЛОВИЯМ

Для приведения измеренной производительности компрессора или замеренного действительного расхода воздуха к нормальным параметрам воздуха, т. е. к давлению 760 *мм* рт. ст. и температуре 0° (или 273° абс.), делается пересчет по следующим формулам:

1) при измерении производительности компрессора по количеству воздуха, полученного цилиндром низкого давления, по формуле

$$Q = Q_{\text{д}} \frac{H}{760} \cdot \frac{273}{273 + t_{\text{воз}}} \; нм^3;$$

2) при измерении расхода сжатого воздуха по нагнетательному воздухопроводу по формуле

$$Q = Q_{\text{д}} \frac{p_{атм}}{1{,}033} \cdot \frac{273}{273 + t_{\text{воз}}} \; нм^3,$$

где Q — объем воздуха в нормальных условиях в $нм^3$, т. е. при давлении 760 *мм* рт. ст. и температуре 0°;

$Q_{\text{д}}$ — действительный замеренный объем воздуха в $м^3$;

H — барометрическое давление в *мм* рт. ст. в момент измерения;

$t_{\text{воз}}$ — температура воздуха в град. в месте измерения;

$p_{атм}$ — давление воздуха в воздухопроводе.

Указанные формулы относятся к сухому воздуху и не учитывают упругости водяных паров, содержащихся в воздухе (эта поправка не превосходит 0,8—1%).

5. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ КОМПРЕССОРА

Коэффициент полезного действия компрессора равен:

$$\eta = \eta_{\text{из}} \eta_{\text{мех}},$$

здесь $\eta_{\text{из}}$ — изотермический к. п. д., т. е. отношение теоретической работы сжатия при изотермическом процессе к работе сжатия по индикаторной диаграмме, в среднем равный 0,65—0,75;

$\eta_{мех}$ — механический к. п. д., т. е. отношение работы, определяемой по индикаторной диаграмме, к фактической работе, затраченной для приведения в действие компрессора; $\eta_{мех}$ равняется в среднем 0,8—0,95.

Общий к. п. д. компрессоров составляет:

при производительности до 10 *м³/мин*	0,5 —0,55
„ „ „ 50 „	0,55—0,6
„ „ более 50 „	0,6 —0,7

6. МОЩНОСТЬ, ПОТРЕБЛЯЕМАЯ ПОРШНЕВЫМИ КОМПРЕССОРАМИ

Расчетная мощность двигателя для компрессора подсчитывается по формуле

$$N = \frac{LQ}{60 \cdot 102\eta} \text{ квт},$$

где L — работа в *кгм*, затрачиваемая при изотермическом сжатии до определенного давления 1 *м³* воздуха (берется по табл. 2);

Q — производительность в *нм³/мин*;

η — к. п. д. компрессора.

Таблица 2

Работа изотермического сжатия 1 *м³* воздуха

Работа	Давление в *ати*						
	3	4	5	6	7	8	9
L — работа сжатия в *кгм* . . .	11 000	13 000	16 100	18 000	19 500	20 850	22 000

Мощность двигателя для компрессора принимается на 10—20% больше расчетной с учетом к. п. д. передачи от двигателя к компрессору.

Действительные удельные мощности (потребная мощность в *квт* для сжатия 1 *м³* воздуха в 1 мин.) при одинаковых конечных давлениях для различных типов поршневых компрессоров сравнительно мало разнятся; их величины в *квт* на 1 *м³* воздуха в мин. при 6 *ати* (с учетом к. п. д. всей компрессорной установки) приведены в табл. 3.

При снижении давления сжатого воздуха потребная мощность для привода компрессора уменьшается. Эта зависимость приведена на рис. 2.

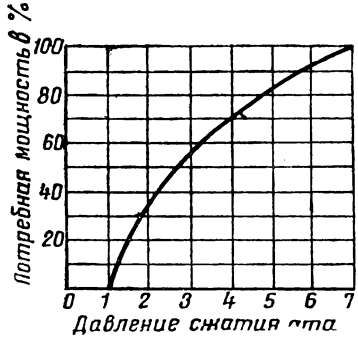


Рис. 2. Зависимость потребной мощности для привода поршневого компрессора от давления сжатия в % (при давлении сжатия 6 *ати* мощность принята за 100%).

Таблица 3

Удельные мощности компрессоров в *квт* (раб. давление 6 *ати*)

Тип компрессора	Малые компрессоры производительностью до 5 *м³/мин*	Компрессоры производительностью более 5 *м³/мин*
С одноступенчатым сжатием	7,3—7,7	7,1—7,3
„ двухступенчатым „	6,5—6,9	6,1—6,5

7. ВОЗДУХОСБОРНИКИ (РЕСИВЕРЫ)

Колебание давления (пульсация) в поршневых компрессорах из-за периодичности циклов неблагоприятно отражается на потребителях сжатого воздуха. Для уменьшения этих колебаний все компрессорные установки снабжаются резервуарами-ресиверами, которые ставятся в непосредственной близости от компрессора для смягчения толчков воздуха в трубопроводах.

Величина объема ресивера определяется в зависимости от конструкции компрессоров, степени неравномерности и других условий. Часто объем ресивера определяется по эмпирической формуле в зависимости от производительности компрессора в *м³/мин*:

для крупных стационарных компрессоров (Q — более 30 *м³/мин*)

$$V_{\text{рес}} = 1{,}6\sqrt{Q}\ м^3;$$

для средних компрессоров (Q — до 30 *м³/мин*)

$$V_{\text{рес}} = (0{,}8 - 1)\sqrt{Q}\ м^3;$$

для малых компрессоров (Q — до 9 *м³/мин*)

$$V_{\text{рес}} = (0{,}3 - 0{,}5)\sqrt{Q}\ м^3;$$

для передвижных компрессоров (Q — от 1,5 до 9 *м³/мин*)

$$V_{\text{рес}} = (0{,}15 - 0{,}25)\sqrt{Q}\ м^3$$

Каждый ресивер должен быть снабжен предохранительным клапаном и спускным краном для продувки скапливающихся масла и воды. Во избежание взрывов паров масла в ресиверах продувка их должна производиться ежедневно, а температура поступающего в ресивер воздуха не должна быть выше 140—160° для многоступенчатого и 160—180° для одноступенчатого компрессоров (она должна быть на 20—30° ниже температуры вспышки масла, применяемого для смазки компрессора).

Ресиверы крупных компрессоров производительностью 10 *м³/м* и выше обычно монтируются непосредственно за внешней стеной компрессорной станции.

8. ТИПЫ КОМПРЕССОРОВ

Таблица 4

Характеристика компрессоров общего назначения, стационарного типа, средней мощности

Показатели	Марка компрессоров					
	В-300-2К	160В-20/8	200В-10/8	2Р-20/8	2СА-8	КВ-200
Тип компрессора	Вертикальные, двухступенчатые, простого действия			Двухступенчатые, крейцкопфные, двойного действия		Одноступенчатые, простого действия
Производительность в *м³/мин*	40	20	10	20	10	4,5
Давление в *ати*	8	8	8	8	8	6
Число оборотов в 1 мин.	330	735	720	500	480	650
Количество и диаметр цилиндров в *мм*:						
I ступени	1×570	4×270	1×350	1×400	1×330	2×200
II »	1×340	2×200	1×200	1×230	1×210	—
Ход поршня в *мм*	300	160	200	200	170	150
Потребная мощность в *квт*	250	140	75	120	75	50
Тип привода и передачи	Плоскоременная или НСМ	НСМ	НСМ или плоско ременная	Плоско-или клиноременная	Клиноременная	Плоскоременная
Габариты в *мм*:						
длина	3 450	1 660	1 350	1 600	1 550	1 100
ширина	2 600	1 890	962	1 150	1 670	665
высота	2 570	1 925	1 430	2 070	1 870	1 130
Вес компрессора в *кг*	8 060	2 900	1 600	4 500	2 060	760
Охлаждение компрессора и промежуточного холодильника	Водяное охлаждение на проток; расход воды 0,3—0,35 *м³/час* на 1 *м³/мин* производительности компрессора и разности $T°$ воды на входе и выходе 10—20°					
Маслосистема	Раздельная для цилиндров и механизма движения	Общая система смазки		Раздельная для цилиндров и механизма движения		Общая система
Регулирование производительности	Отжимными клапанами	Не регулируется	Отжимными клапанами I и II ступеней		Не регулируется	

Примечание. Все компрессоры однорядные, кроме 160В-20/8, имеющего двухрядное расположение цилиндров, У-образное. Кроме компрессора 2СА-8, завод „Борец" изготовляет компрессоры общего назначения марок — 2СА-4 (4*ати*×8,7*м³/мин*) и 2СА-25 (25 *ати*×4,5 *м³/мин*) на одной и той же базе А.

Таблица 5

Техническая характеристика компрессоров малой мощности

Показатели	Марка компрессоров				
	КПУ-3	КПУ-1,2	ВК-3—5	КВД	АК2-150
Тип компрессора	Горизонтальный	Вертикальный			
		Простого действия			Двойного действия
	Одноступенчатый	Двухступенчатый	Одноступенчатый	Двухступенчатый	Трехступенчатый
Производительность в *м³/мин*	0,5	1,2	3	0,166	0,240 или 0,0018 (по сжатому воздуху)
Давление в *ати*	4—5	6,7	5—6	60	150
Число оборотов в 1 мин.	780	965	720	800	800
Количество и диаметр цилиндров в *мм*:					
I ступени	2×78,25	1×145	1×230	1	Один дифференциальный трехступенчатый поршень
II »	—	1×82	—	1	
Ход поршня в *мм*	78	90	120	—	
Охлаждение	Воздушное	С промежуточным холодильником	Водяное на проток		Водяное замкнутое с радиатором
Потребная мощность в *квт*	3,2	6,9	20	4,5	7
Тип привода	Клиноременная передача от двигателя		Клиноременная передача от двигателя		
Емкость ресивера в *л*	130	220	250	—	—
Габариты в *мм*:					
длина	1 590	1 715	825	330	480
ширина	780	600	860	335	435
высота	1 075	1 320	1 290	590	480
Вес компрессора в *кг*	240	430	700	78	85
Исполнение	Компрессоры смонтированы на ресиверах, имеют колеса для перемещения		Стационарного типа		Переносного типа на раме

Таблица 6

Техническая характеристика компрессоров передвижных станций средней мощности

Показатели	Марка компрессора				
	К-9	К-6	ЗИФ-К-5	К-5	К-3
Тип компрессора	Вертикальный, двухступенчатый, простого действия				
Производительность в $м^3/мин$	До 9	6	5—6	4,5	3
Давление в *ати*:					
после I ступени	2,6	2,16	1,8	2,1	2
» II »	До 7	6,5—7	До 7	6	До 7
Число оборотов в 1 мин	860	До 800	865—1 250	950	730—950
Количество и диаметр в *мм*:					
цилиндров I ступени	2×240	2×230	2×200	1×240	1×230
» II »	2×140	2×135	2×115	1×140	1×135
Ход поршня в *мм*	140	120	110	140	120
Расположение цилиндров	Двухрядное	Двухрядное, У-образное	Двухрядное, под углом 75°	Однорядное	
Потребная мощность в *л. с.*	75	52	52—60	45	28—32
Емкость масляной системы в *л*	22	17	16	12	12
» ресивера в *л*	252—520	250—300	260	252—520	250
Охлаждение компрессора	Воздушное				
Охлаждение промежуточного холодильника	Воздушное				
Габариты компрессора в *мм*:					
длина	1 958	970	860	1 437	830
ширина	1 000	600	932	1 000	550
высота	1 408	1 090	1 070	1 408	1 115
Вес компрессора в *кг*	1 100	560	585	600	812
Регулирование производительности компрессора	Избыточный воздух травится в атмосферу через предохранительные клапаны				

Таблица 7

Характеристика оборудования передвижных компрессорных станций

Марка компрессорной станции	Состав оборудования		
	тип компрессора	тип привода станции	вес станции в *кг*
КС-8 (МПС)	К-9	Дизель КДМ-46, отрегулированный на 860 об/мин	6 100
ДК-9 (МЭС)	К-9	То же	6 000
ПКС-6	К-6	Двигатель ЗИС-5, отрегулированный на 700 об/мин	2 800
ПКС-6М	К-6	Двигатель ЗИЛ-120, отрегулированный на 730 об/мин	2 860
КСЭ-6М	К-6	Электродвигатель МА-205-2/8, 36 *квт*, 730 об/мин	1 500
КСЭ-6	К-6	То же	1 360
АПКС-6 (самоходная станция)	К-6	На автомашине ЗИЛ-150	5 600
ВКС-5	ЗИФ-К5	Электродвигатель типа МАК-92/6, 45 *квт*, 965 об/мин	3 250
ЗИФ-51	ЗИФ-К5	То же	2 430
ЗИФ-ВКС-5	ЗИФ-К5	»	3 200
ЗИФ-55	ЗИФ-К5	Двигатель ЗИЛ-120, отрегулированный не 1 050 об/мин	3 300
ВКС-6Д	ЗИФ-К5	Дизель Д-54, отрегулированный на 1 250 об/мин	4 500
ВКС-1Д	ЗИФ-К5	Дизель КДМ-46, отрегулированный на 960 об/мин	5 350
ЗИФ-ВКС6	ЗИФ-К5	Дизель ЯАЗ-204, отрегулированный на 1 250 об/мин	3 550
ЗИФ-ШВКС-5 (шахтная)	ЗИФ-К5	Электродвигатель взрывобезопасного исполнения МА-146-901, 38 *квт*, 965 об/мин (или аналогичный)	2 200
КС-5	К-5	Двигатель тракторный 1МА, 54 *л. с.* или электродвигатель АК-82/6, 960 об/мин, 40 *квт*	3 000
ПКС-3М	К-3	Автодвигатель ЗИС-5, отрегулированный на 960 об/мин	1 685
КСЭ-3	К-3	Электродвигатель типа АК-72/6, 20 *квт*, 960 об/мин или аналогичный	1 110
АПКС-3 (самоходная станция)	К-3	Смонтирована на автомашине ГАЗ-51	3 600

Примечание. Передвижные компрессорные станции смонтированы со всем вспомогательным оборудованием на двухосных закрытых прицепах, на баллонах 34×7 или 9×20. Самоходные станции оборудованы непосредственно на автомашинах с приводом от двигателя машины. Станции КСЭ-6 и КСЭ-3 смонтированы только на рамах.

Таблица 8

Техническая характеристика компрессоров для отделочных и окрасочных работ

Показатели	Марка компрессоров					
	0-16	0-22	0-21	0-16А	0-39А	0-38
Тип компрессора	Поршневые, вертикальные, одноступенчатые с воздушным охлаждением простого действия					
Производительность в *м³/мин*	0,4—0,5	0,25	0,1	0,5	0,25	0,5
Давление в *ати*	4	4	3	4	7	7
Число оборотов в 1 мин.	740	850	2 700	800	800	950
Количество и диаметр цилиндров в *мм*	2×75	2×67,5	1×52	2×78	2×67,5	2×78
Ход поршня в *мм*	85	75	30	85	75	85
Потребная мощность в *квт*	3,2	1,7	0,8	2,8	2,8	4,5
Тип привода	Клиноременная передача		НСМ	Клиноременная передача Б-1800	Клиноременная передача А-1250	НСМ
Емкость ресивера в *л*	70	30	—	22	24,5	22
Габариты в *мм*:						
длина	1 350	1 150	360	1 175	1 200	1 090
ширина	650	495	190	430	490	480
высота	1 000	810	189	840	900	910
Вес компрессора в *кг*	164	110	16	154	112	205
Исполнение	Переносного типа (на раме)		Собран в футляре		Переносного типа (на раме)	

9. РОТАЦИОННЫЕ ПЛАСТИНЧАТЫЕ КОМПРЕССОРЫ

Ротационные компрессоры изготовляются одноступенчатыми при давлении до 4 *ати* и двухступенчатыми — до 10—12 *ати*, производительностью до 50 *м³/мин*. Схема работы ротационной машины приведена на рис. 3. Эти компрессоры обладают рядом преимуществ по сравнению с поршневыми машинами:

спокойная, уравновешенная работа благодаря наличию только вращающихся масс, в связи с чем отпадает необходимость сооружения специальных больших фундаментов;

равномерная подача в сеть сжатого воздуха без пульсаций и толчков;

сравнительно небольшие вес и габариты агрегата;

большое число оборотов и возможность непосредственного соединения с электродвигателем;

отсутствие всасывающих и нагнетательных клапанов.

Недостатками ротационных компрессов являются:

меньший КПД и повышенный удельный расход электроэнергии (до 150%) по сравнению с поршневыми машинами;

более высокий расход смазочного масла;

повышенный износ корпуса и вращающихся деталей, срок службы между ремонтами значительно меньше, а сам ремонт цилиндра и ротора требует большой точности.

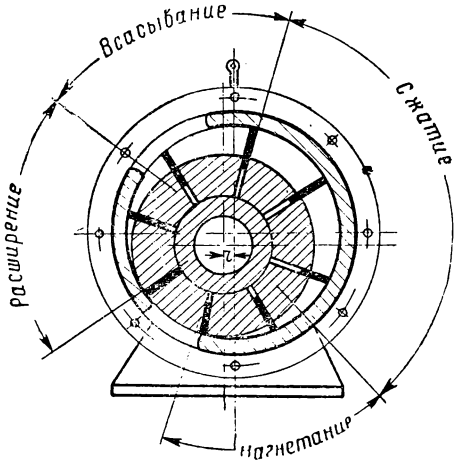


Рис. 3. Схема работы ротационной машины

Производительность ротационных компрессоров обычно (для упрощения) определяют по формуле

$$Q = 2rl\,(\pi D - SZ)\,n\lambda \ м^3/мин,$$

здесь

r — эксцентрицитет ротора в *м*;
l — активная длина ротора в *м*;
D — диаметр ротора в *м*;
S — толщина лопатки в *м*;
Z — число лопаток;
n — число оборотов в мин.;
λ — коэффициент подачи (в пределах 0,6—0,8).

Характеристика отечественных ротационных воздушных компрессоров среднего давления, применяемых в промышленности и строительстве, приведена в табл. 9.

Таблица 9

Характеристика ротационных пластинчатых компрессоров среднего давления

Показатели	Единица измерения	Марка компрессоров		
		РСК—50/7	ГРМ—10*)	ГРМ—6,5*)
Производительность	*м³/мин*	50	10	6,5
Число ступеней		2	2	2
Давление II ступени	*ати*	7	7	7
Число оборотов в мин.		500	980	980
Соединение с приводом		Непосредственное		
Мощность и марка электродвигателя	*квт*	440 *квт* МСЗ21—7/12 6,0 кв.	75	55
Смазка		Централизованная, многоплунжерным лубрикатором		
Расход смазочного масла (для новых машин)	*г/час*	750	1 150	1 150
Охлаждение		Водяное открытое на проток, через промежуточный холодильник между I и II ступенью		
Расход охлаждающей воды	*м³/час*	8	2,3	1,5
Регулирование производительности		Автоматическое; регулятор давления переключает на холостой ход — нагнетание сообщается с атмосферой, а всасывание закрывается		
Вес компрессора (без плиты)	*кг*	6 270	1 077	926
Габариты (с приводом):				
длина	*мм*	5 385	3 000	2 750
ширина	„	2 275	1 000	1 000
высота	„	1 665	1 320	1 320

*) Распространены в строительстве угольной промышленности.

10. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЭКСПЛУАТАЦИИ

Компрессорные установки, в том числе и передвижные, работающие под давлением 0,7 *ати* и выше, имеющие воздухосборники (ресиверы) емкостью более 25 *л*, а также и при меньшей емкости, если произведение емкости в литрах на давление в атмосферах больше 200, т. е. $pv > 200$, могут быть включены в работу только при наличии разрешения инспекции Госгортехнадзора на эксплуатацию ресивера.

В дальнейшем ежегодно проводится обследование исправности установки и ресивера с точки зрения техники безопасности. Предохранительные клапаны ресиверов и ступеней проверяются каждую смену.

Очистка воздушных фильтров должна проводиться ежемесячно, а промывка маслофильтров у передвижных станций — через каждые 10 дней работы.

Пользоваться компрессорной станцией с неисправной системой охлаждения недопустимо, так как при отсутствии охлаждения температура сжимаемого воздуха поднимается до 240—260° (при 6—7 *ати*) и может вызвать воспламенение паров смазочного масла и, как следствие, взрыв ресивера и блока компрессора.

Неисправность клапанов сильно повышает температуру блока и может служить источником пожара или взрыва. Неисправность всасывающих клапанов резко снижает также и производительность компрессора. При неисправности всасывающего клапана II ступени воздух из ЦВД может попасть в промежуточный холодильник и вызвать его аварию.

Охлаждающая вода на выходе должна иметь температуру на 20—35° выше, чем при входе; при повышении же температуры воды больше, чем на 50—60° против начальной, или при повышении температуры воздуха, выходящего из компрессора, выше допускаемой, т. е. 140—180°, компрессор должен быть остановлен для устранения неисправностей.

11. СМАЗКА КОМПРЕССОРОВ

Для смазки цилиндров воздушных компрессоров применяют масла с температурой вспышки не ниже 200—220°, в основном компрессорные масла (по ГОСТ 1861-54).

Компрессорное масло № 12 (М) применяется для компрессоров низкого (до 9 *ати*) и среднего давления (до 40 *ати*). Масло № 19(Т) предназначено для машин высокого давления (более 40 *ати*).

Для смазки передвижных компрессоров (до 9 *ати*) должно применяться масло № 12 (М); в случае отсутствия его можно заменить временно машинным маслом № 50 (СУ), автолом АК-10, $АС_{п}$-9,5 или цилиндровым № 11.

Нельзя применять для смазки цилиндров другие масла с низкой температурой вспышки.

У стационарных компрессоров средней мощности (10—40 *м³/мин*) чаще всего имеются раздельные системы смазок цилиндров и механизма движения. Смазка цилиндров осуществляется от лубрикатора, подающего к месту смазки строго определенное регулируемое количество масла, которое зависит от поверхности скольжения поршневой группы и указывается в технических условиях завода-изготовителя — обычно 1—3 капли в 1 мин. для ЦВД и 2—5 капель для ЦНД (расход масла составляет 4—6 *г/час* на 1 *м³/мин* производительности компрессора).

Смазка механизмов движения в таких компрессорах производится машинным маслом; применяется циркуляционная система — шестеренчатый насос подает масло из картера через фильтр и маслоохладитель к точкам смазки. Расход машинного масла у них составляет 6—12 *г/час* на 1 *м³/мин* производительности компрессора.

Передвижные компрессорные станции и все другие компрессоры малой мощности имеют или барботажную систему смазки (с постоянным верхним уровнем) с непрерывной циркуляцией масла или более простую смазку разбрызгиванием. Расход масла в таких компрессорах зависит в большой степени от конструкции, качества обработки цилиндров и поршневой группы и степени их износа; расход колеблется в широких пределах — от 8 до 30 *г/час* на 1 *м³/мин* производительности компрессора.

Смена масла и промывка картера компрессора передвижных станций производится в зависимости от степени загрязнения масла, но не реже чем через 250 час. работы.

12. ВЫБОР ДИАМЕТРА ТРУБ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ СЖАТОГО ВОЗДУХА (ПОД ДАВЛЕНИЕМ 6 *ати*)

Для пневматических инструментов — молотков, вибраторов, сверлилок, трамбовок и пр. — нормальное давление сжатого воздуха составляет 5,5—6,5 *ати*.

Недостаточное сечение трубопроводов снижает производительность инструмента из-за потерь давления в трубах, переходах, арматуре; одновременно в связи с понижением давления возрастает и потребление воздуха.

Для ориентировочного выбора диаметра труб можно пользоваться данными табл. 11.

Таблица 10

Работа пневматических инструментов в зависимости от давления воздуха в сети

Давление воздуха у инструмента в *ати*	Работа удара	Число ударов в 1 мин.	Производительность инструмента	Расход воздуха	Коэффициент потребления воздуха на работу инструмента
	в %				
6,5	100	100	100	100	1
6	82	95	78	89	1,14
5,5	64	90	57	81	1,42
5	52	85	44	72	1,64
4,5	40	80	32	62	1,94
4	28	75	21	53	2,53
3,5	16	70	11	43	2,57

Таблица 11

Расчетные диаметры трубопроводов в *мм* для подачи сжатого воздуха (при давлении 6 *ати* и падении давления 0,1 *ати)**

Объем воздуха, подлежащего передаче, в *нм*³/*мин*	Длина воздухопровода в *м*							
	10	25	50	100	200	300	400	500
1	20	20	25	25	33	33	37	37
1,5	20	25	25	33	37	40	43	43
2	25	33	33	37	40	43	46	46
4	33	37	37	43	49	54	54	58
5	33	37	40	46	54	58	58	64
6	33	40	43	49	58	64	64	70
7	33	40	43	54	64	70	70	76
8	37	43	49	58	64	70	76	76
9	37	47	49	58	64	76	76	82
10	40	46	52	58	70	76	82	82
15	43	52	64	70	82	88	94	94
20	49	58	70	82	88	100	106	113
25	54	64	76	88	100	106	113	119

* Падение давления 0,1 *ати* дано для прямолинейных участков трубопровода без учета поворотов, сужения и арматуры.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ТЕПЛОСОДЕРЖАНИЕ И УДЕЛЬНЫЙ ОБЪЕМ НАСЫЩЕННОГО ПАРА И ВОДЫ

Давление p в *ата*	Температура насыщения $t_н$ в град.	Удельный объем воды v' в $м^3/кг$	Удельный объем насыщенного пара v'' в $м^3/кг$	Теплосодержание в *ккал/кг*		Теплота парообразования r в *ккал/кг*
				жидкости i'	пара i''	
0,02	17,2	0,001001	68,26	17,25	604,9	587,6
0,03	23,8	0,001003	46,52	23,8	607,8	584
0,04	28,6	0,001004	35,46	28,67	609,8	581,1
0,05	32,6	0,001005	28,73	32,58	611,5	578,9
0,06	35,8	0,001006	24,18	35,84	613	577,2
0,08	41,2	0,001008	18,45	41,17	615,2	574
0,1	45,5	0,00101	14,95	45,45	617	571,6
0,15	53,6	0,001014	10,21	53,54	620,5	567
0,2	59,7	0,001017	7,789	59,65	623	563,4
0,3	68,7	0,001022	5,324	68,66	626,7	558
0,4	75,4	0,001026	4,066	75,41	629,5	554,1
0,5	80,9	0,00103	3,299	80,86	631,6	550,7
0,6	85,5	0,001033	2,781	85,47	633,5	548
0,7	89,5	0,001036	2,409	89,49	635,1	545,6
0,8	93	0,001038	2,126	93,05	636,4	543,4
0,9	96,2	0,001041	1,904	96,25	637,6	541,3
1	99,1	0,001043	1,725	99,18	638,7	539,5
1,5	110,8	0,001052	1,18	110,99	643,1	532,1
2	119,6	0,00106	0,9019	119,94	646,3	526,4
2,5	126,8	0,001067	0,7319	127,3	648,7	521,4
3	132,9	0,001073	0,616	133,5	650,8	517,3
3,5	138,2	0,001078	0,5338	138,9	652,4	513,5
4	142,9	0,001083	0,4708	143,7	653,9	510,2
4,5	147,2	0,001088	0,4215	148,1	655,2	507,1
5	151,1	0,001092	0,3818	152,1	656,3	504,2
6	158,1	0,0011	0,3214	159,4	658,3	498,9
7	164,2	0,001107	0,2778	165,7	659,9	494,2
8	169,6	0,001114	0,2448	171,4	661,2	489,8
9	174,5	0,00112	0,219	176,5	662,3	485,8
10	179	0,001126	0,198	181,2	663,3	482,1
11	183,2	0,001132	0,1808	185,7	664,1	478,4
12	187,1	0,001137	0,1663	189,8	664,9	475,1
13	190,7	0,001143	0,154	193,6	665,6	472
14	194,1	0,001148	0,1434	197,3	666,2	468,9
15	197,4	0,001152	0,1342	200,7	666,7	466
16	200,4	0,001157	0,1261	204	667,1	463,1
17	203,4	0,001162	0,1189	207,2	667,5	460,3
18	206,1	0,001166	0,1125	210,2	667,8	457,7
19	208,8	0,001171	0,1068	213,1	668,2	455,1
20	211,4	0,001175	0,1016	215,9	668,5	452,6

Приложение 1 (продолжение)

Давление p в *ата*	Температура насыщения $t_н$ в град.	Удельный объем воды v' в $м^3/кг$	Удельный объем насыщенного пара v'' в $м^3/кг$	Теплосодержание в *ккал/кг*		Теплота парообразования r в *ккал/кг*
				жидкости i'	пара i''	
21	213,9	0,001179	0,09676	218,6	668,7	450,1
22	216,2	0,001183	0,09244	221,3	668,9	447,6
23	218,5	0,001187	0,08848	223,7	669	445,3
24	220,8	0,001191	0,08486	226,2	669,2	443
25	222,9	0,001195	0,0815	228,6	669,3	440,7
26	225	0,001199	0,07838	231	669,4	438,4
27	227	0,001203	0,0755	233,2	669,4	436,2
28	229	0,001207	0,07282	235,3	669,4	434,1
29	230,9	0,001211	0,07032	237,5	669,5	432
30	232,8	0,001214	0,06798	239,6	669,5	429,9
31	234,6	0,001218	0,0657	241,7	669,5	427,8
32	236,4	0,001221	0,0637	243,7	669,5	425,8
33	238,1	0,001225	0,06176	245,6	669,5	423,9
34	239,8	0,001229	0,05993	247,6	669,5	421,9
35	241,4	0,001232	0,05819	249,5	669,5	420
36	243	0,001236	0,05655	251,3	669,4	418,1
37	244,6	0,001239	0,05499	253,1	669,3	416,2
38	246,2	0,001242	0,05351	254,9	669,2	414,3
39	247,7	0,001246	0,05211	256,6	669,1	412,5
40	249,2	0,001249	0,05078	258,4	669	410,6
41	250,6	0,001253	0,0495	260,1	668,9	408,8
42	252,1	0,001256	0,04828	261,8	668,8	407
43	253,5	0,00126	0,04712	263,5	668,7	405,2
44	254,9	0,001263	0,04601	265,1	668,5	403,4
45	256,2	0,001266	0,04495	266,7	668,4	401,7
46	257,6	0,00127	0,04394	268,2	668,2	400
47	258,9	0,001273	0,04297	269,7	668	398,3
48	260,2	0,001276	0,04203	271,3	667,9	396,6
49	261,5	0,001279	0,04113	272,8	667,7	394,9
50	262,7	0,001283	0,04026	274,3	667,5	393,2

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ТЕПЛОСОДЕРЖАНИЕ ПЕРЕГРЕТОГО ПАРА В *ккал/кг*

Давление в *ата*	Температура в град.								
	200	220	240	260	280	300	350	400	450
5	682,1	692,2	702,2	712,1	722	731,9	756,6	781,5	806,7
6	680,9	691,2	701,3	711,4	721,4	731,3	756,1	781,1	806,3
7	679,6	690,1	700,5	710,6	720,7	730,7	755,7	780,7	806,1
8	678,3	689,1	699,6	709,8	720	730,1	755,2	780,4	805,8
9	677	688	698,7	709,1	719,3	729,5	754,7	780	805,5
10	675,7	686,9	697,8	708,2	718,6	728,9	754,3	779,6	805,2
11	674,3	685,9	696,8	707,5	717,9	728,3	753,8	779,3	804,9
12	672,9	684,7	695,8	706,7	717,3	727,7	753,3	778,9	804,6
13	671,4	683,5	694,9	705,8	716,5	727	752,8	778,5	804,3
14	669,9	682,3	693,9	705	715,8	726,4	752,4	778,1	804
15	668,4	681	692,9	704,2	715,1	725,8	751,9	777,8	803,6
16	—	679,8	691,9	703,3	714,4	725,1	751,4	777,4	803,4
17	—	678,5	690,9	702,5	713,6	724,5	751	777	803
18	—	677,2	689,8	701,6	712,9	723,8	750,5	776,6	802,7
19	—	675,8	688,7	700,7	712,2	723,1	750	776,2	802,4
20	—	674,4	687,6	699,8	711,4	722,5	749,5	775,8	802,1

Приложение 2 (продолжение)

Давление в *ата*	Температура в град.								
	200	220	240	260	280	300	350	400	450
22	—	671,5	685,3	698	709,8	721,2	748,5	775,1	801,5
24	—	—	682,9	696,1	708,3	719,8	747,5	774,3	800,9
26	—	—	680,5	694,1	706,6	718,4	746,5	773,5	800,3
28	—	—	677,9	692,1	705	717,1	745,5	772,8	799,6
30	—	—	675,2	690	703,3	715,6	744,5	772	799
32	—	—	672,4	687,8	701,5	714,1	743,4	771,2	798,4
34	—	—	669,8	685,5	699,8	712,7	742,4	770,4	797,8
36	—	—	—	683,2	697,9	711,2	741,3	769,6	797,1
38	—	—	—	680,9	696	709,5	740,2	768,8	796,5
40	—	—	—	678,4	694,1	708	739,1	768	795,9
42	—	—	—	675,8	692,1	706,5	738	767,1	795,2
44	—	—	—	673,2	690	704,8	736,9	766,3	794,6
46	—	—	—	670,5	687,9	703,1	735,8	765,5	793,9
48	—	—	—	—	685,8	701,4	734,7	764,7	793,3
50	—	—	—	—	683,6	699,7	733,6	763,8	792,6

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

УДЕЛЬНЫЙ ОБЪЕМ ПЕРЕГРЕТОГО ПАРА В *м³/кг*

Давление в *ата*	Температура в град.								
	200	220	240	260	280	300	350	400	450
5	0,4336	0,4539	0,474	0,4938	0,5134	0,5329	0,5814	0,6294	0,6772
6	0,3593	0,3766	0,3935	0,4101	0,4266	0,443	0,4836	0,5238	0,5638
7	0,3062	0,3212	0,3358	0,3503	0,3646	0,3788	0,4138	0,4484	0,4827
8	0,2662	0,2797	0,2928	0,3055	0,3181	0,3306	0,3614	0,3918	0,422
9	0,2353	0,2474	0,2591	0,2706	0,2818	0,293	0,3207	0,3478	0,3747
10	0,2104	0,2215	0,2322	0,2427	0,253	0,2632	0,2881	0,3126	0,3369
11	0,19	0,2003	0,2102	0,2199	0,2293	0,2386	0,2614	0,2838	0,306
12	0,1729	0,1827	0,1919	0,2008	0,2096	0,2182	0,2392	0,2598	0,2802
13	0,1583	0,1677	0,1764	0,1847	0,1928	0,2008	0,2204	0,2395	0,2584
14	0,1461	0,1549	0,163	0,1709	0,1785	0,186	0,2043	0,2221	0,2397
15	0,1353	0,1437	0,1514	0,1589	0,1661	0,1732	0,1903	0,207	0,2235
16	—	0,1339	0,1413	0,1484	0,1552	0,1619	0,1781	0,1938	0,2093
17	—	0,1252	0,1324	0,1391	0,1456	0,152	0,1673	0,1822	0,1968
18	—	0,1175	0,1244	0,1309	0,1371	0,1431	0,1577	0,1718	0,1857
19	—	0,1106	0,1172	0,1235	0,1294	0,1352	0,1491	0,1626	0,1757
20	—	0,1044	0,1109	0,1168	0,1225	0,1281	0,1414	0,1542	0,1668
22	—	0,09355	0,09981	0,1053	0,1106	0,1158	0,128	0,1398	0,1513
24	—	—	0,09041	0,09572	0,1007	0,1055	0,1169	0,1278	0,1384
26	—	—	0,08251	0,08759	0,09232	0,09683	0,1075	0,1176	0,1275
28	—	—	0,0757	0,08059	0,0851	0,08937	0,09942	0,1089	0,1181
30	—	—	0,06976	0,0745	0,07883	0,0829	0,0924	0,1014	0,11
32	—	—	0,06455	0,06916	0,07333	0,07723	0,08628	0,09477	0,1029
34	—	—	0,05994	0,06442	0,06847	0,07222	0,08087	0,08893	0,09667
36	—	—	—	0,0602	0,06414	0,06776	0,07605	0,08375	0,09111
38	—	—	—	0,0564	0,06023	0,06376	0,07174	0,07911	0,08613
40	—	—	—	0,05297	0,05675	0,06016	0,06786	0,07493	0,08164
42	—	—	—	0,04985	0,05356	0,05689	0,06435	0,07114	0,07759
44	—	—	—	0,04699	0,05065	0,05392	0,06115	0,06771	0,0739
46	—	—	—	0,04439	0,04799	0,05119	0,05823	0,06456	0,07053
48	—	—	—	—	0,04554	0,04869	0,05555	0,06169	0,06744
50	—	—	—	—	0,04327	0,04637	0,05307	0,05903	0,0646

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

КАБЕЛЬНЫЕ ИЗДЕЛИЯ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

I. КАБЕЛИ И ПРОВОДА

1. ПРОВОДНИКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Таблица 1

Физические характеристики проводниковых материалов

Наименование материалов	Удельный вес в *г/см*³	Температура плавления при нормальном давлении в град.	Удельное электрическое сопротивление при 20° в *ом мм*²/*м*	Средний температурный коэффициент электрического сопротивления (от 0 до 100°)
Алюминий	2,7	658	0,0283—0,04	0,0036
Вольфрам	19,1	3500	0,055	0,004
Графит	1,9—2,3	—	13,5	0,008
Константан	8,9	1270	0,46—0,52	0,00003
Латунь	8,4—8,7	900	0,07—0,08	0,0013 —0,0019
Манганин	8,14	960	0,14—0,48	0,00001—0,00003
Медь	8,9	1083	0,0172—0,0178	0,004
Никель	8,8	1450	0,09—0,11	0 0044
Никелин	8,98	1100	0,4—0,44	0,0002
Нихром	8,2	1375	1-–1,2	0,00012—0,0004
Олово	7,28	232	0,12	0,0044
Платина	21,4	1764	0,1 —0,11	0,0038 —0,0039
Реотан	8,6	—	0,47	0,00023
Ртуть	13,6	—38,9*	0,958	0,0003
Свинец	11,34	327	0,268	0,004
Серебро	10,5	961	0,0165	0,0036
Сталь	7,87	1 300—1 400	0,1—0,25	0,0045—0,005
Фехраль	7,6	1450	1,2—1,4	0,00008
Цинк	7,1	419	0,063	0,0037
Чугун	7,2	1200	0,52	0,001

* Температура затвердевания

2. ГОЛЫЕ ПРОВОДА

Таблица 2

Основные технические данные по голым проводам

Марка проводов	Диаметр в *мм*	Вес 1 000 *м* в *кг*	Расчетная прочность на разрыв в *кг*	Активное электрическое сопротивление в *ом/км*	Строительная длина в *км*
Алюминиевые					
А- 16	5,1	44	254	1,96	6,3
А- 25	6,3	68	363	1,27	5,5
А- 35	7,5	95	515	0,91	4,5
А- 50	9	137	740	0,63	3,5
А- 70	10,6	190	1 030	0,45	2,5
А- 95	12,4	266	1 440	0,33	1,75
А-120	14	323	1 750	0,27	1,5
А-150	15,8	419	2 270	0,21	1,25
А-185	17,4	516	2 800	0,17	1
Сталеалюминиевые					
АС- 35/4	8,3	128	923	0,91	4,5
АС- 50/7	9,9	193	1 430	0,63	3
АС- 70/9	11,7	269	1 990	0,45	2
АС- 95/18	13,9	431	3 250	0,33	1,4
АС-120/22	15,3	504	3 990	0,27	1,4
АС-150/27	17	623	4 870	0,21	1
АС-185/34	19,1	781	6 200	0,17	0,8
Стальные многопроволочные[1]					
ПС-25	5,6	194,3	—	5,5 —6,97	—
ПС-35	7,8	295,7	—	4,02—5,36	—
ПС-50	9,2	396	—	2,95—3,61	—
ПС-70	11,5	631,6	—	1,79—2,21	—
ПС-95	12,6	754,8	—	1,57—4,71	—
					—
Стальные однопроволочные[1]					
ПСО-3	3	56	—	19,5	—
ПСО-3,5	3,5	75	—	14,4	—
ПСО-4	4	99	—	11	—
ПСО-5	5	154	—	7	—
Медные					
М-4	2,2	34	146	4,65	2,3
М-6	2,7	51	224	3,06	1,5
М-10	3,5	86	375	1,84	0,9
М-16	5,1	145	556	1,2	4
М-25	6,3	222	850	0,74	3
М-35	7,5	314	1 210	0,54	2,5
М-50	9	452	1 740	0,39	2
М-60	10,4	525	2 030	0,32	2
М-70	10,6	600	2 360	0,28	1,5
М-95	12,4	825	3 240	0,2	1,2
М-120	14	1 050	4 120	0,158	1
М-150	15,8	1 345	5 170	0,123	0,8

[1] Электрическое сопротивление стальных проводов изменяется в зависимости от величины и частоты тока (по ГОСТ 5800-51). В табл. 2 приведены величины сопротивления для тока частотой 50 пер/сек в пределах плотности тока от 0,5 до 1 *а/мм*². Данные по стальной проволоке см. раздел десятый.

3. СИЛОВЫЕ И КОНТРОЛЬНЫЕ КАБЕЛИ

Таблица 3

Марки силовых и контрольных кабелей

Род кабелей	Силовые							Контрольные			
Оболочка	Алюминиевая		Из металлизированных бумаг и тугоплавкого битумного компаунда	Полихлорвиниловая	Свинцовая			Алюминиевая	Полихлорвиниловая	Свинцовая	
Изоляция	Бумажная		Бумажная пропитанная	Резиновая	Бумажная		Резиновая	Бумажная пропитанная	Резиновая	Бумажная пропитанная	Резиновая
	пропитанная	обедненно пропитанная			пропитанная	обедненно пропитанная					
Кабели с медными жилами											
Голые	АГ	АГВ	—	ВРГ, НРГ**	СГТ	—	СРГ	КАГ	КВРГ, КНРГ**	КСГ	КСРГ
Голые асфальтированные	—	—	—	—		—		—		КСА	
Бронированные двумя стальными лентами с наружным покровом из кабельной пряжи . . .	АБ	—		НРБ ВРБ	СБ, ОСБ*	СБВ, ОСБВ*	СРБ	КАБ	КНРБ КВРБ	КСБ	КСРБ
Бронированные двумя стальными лентами, покрытыми битумным составом	АБГ	АБГВ		ВРБГ НРБГ	СБГ, ОСБГ*	СБГВ, ОСБВГ*	СРБГ	КАБГ	КВРБГ	КСБГ	КСРБГ

Бронированные круглыми стальными оцинкованными проволоками с наружным покровом из кабельной пряжи	—	—	—	—	СК, ОСК*	СКВ, ОСКВ*	—	—	—	КСК	КСРК
Бронированные плоскими стальными оцинкованными проволоками с наружным покровом из кабельной пряжи	—	—	—	—	СП	СПВ, ОСПВ*	СРП	—	—	КСП	КСРП
Бронированные плоскими стальными оцинкованными проволоками . . .	АПГ	АПГВ	—	—	СПГ	СПГВ, ОСПГВ*	СРПГ	—	КВР ПГ	КСПГ	КСРПГ
Кабели с алюминиевыми жилами											
Голые	ААГ	ААГВ	—	АВРГ, АНРГ	АСГТ	—	АСРГ	—	АКВРГ АКНРГ	—	АКСРГ
Бронированные двумя стальными лентами с наружным покровом из кабельной пряжи	ААБ	—		—	АОСБ*	—	—	—	АКВРБ АКНРБ	—	АКСРБ
Бронированные двумя стальными лентами, покрытыми битумным составом	ААБГ	ААБГВ		—	АОСБГ*	—	—	—	АКВРБГ	—	АКСРБГ
Бронированные круглыми стальными оцинкованными проволоками с наружным покровом из кабельной пряжи . . .	—	—	—	—	АОСК*	—	—	—	—	—	—
Бронированные плоскими стальными оцинкованными проволоками . . .	ААПГ	ААПГВ	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* Первая буква „О" или вторая после буквы „А" означает, что кабель скручен из трех отдельно изолированных и освинцованных жил
** Кабели НРГ и КНРГ — в резиновой негорючей оболочке.
*** В оплетке, пропитанной противогнилостным составом.

Таблица 4

Сортамент силовых кабелей[1]

Марка кабелей	Число жил	Сечение жил в *мм*² при напряжении переменного тока в *в*				
		500	1 000	3 000	6 000	10 000
СГТ, АСГТ	1	—	2,5—800	6—625	10—500	16—500
СБ, АСБ, СБГ, АСБГ	1	—	4—800	6—625	10—500	16—500
СП, АСП, СПГ, АСПГ	1	—	50 - 800	35—625	—	—
ВРГ, НРГ	1	1—240	—	—	—	—
СРГ	1	1—240	—	1,5—500	2,5—500	—
АВРГ, АНРГ	1	4—240	—	—	—	—
СГТ, АСГТ, СБ, АСБ, СБ1, АСБГ	2	—	2,5—150	—	—	—
СП, АСП, СПГ, АСПГ	2	—	25—150	—	—	—
ВРГ, НРГ	2	1—185	—	—	—	—
СРБ, АСРБ, СРБГ, СРП, СРПГ, АСРБГ	2	4—185	—	4—70	—	—
АВРГ, АНРГ, ВРБ, ВРБГ, НРБ, НРБГ, АВРБ, АВРБГ, АНРБ, АНРБГ	2	4—185	—	—	—	—
АГ, ААГ, АБ, ААБ, АБГ, ААБГ	3	—	6—120	6—95	10—70	—
СГТ, АСГТ, СБ, АСБ, СБГ, АСБГ	3	—	2,5—240	4—240	10—240	16—240
СП, АСП, СПГ, АСПГ, СК, АСК	3	—	25—240	25—240	16—240	16—240
ВРГ, НРГ	3	1—185	—	—	—	—
СРГ	3	1—185	—	1,5—70	—	—
СРБ, АСРБ, СРБГ, СРП, СРПГ, АСРБГ	3	4—185	—	4—70	—	—
АВРГ, АНРГ, ВРБ, ВРБГ, НРБ, НРБГ, АВРБ, АВРБГ, АНРБ, АНРБГ	3	4—185	—	—	—	—
АГ, ААГ, АБ, ААБ, АБГ, ААБГ, АГВ, ААГВ, АБВ, ААБВ, АБГВ, ААБГВ	4	—	6—95	—	—	—
СГТ, АСГТ, СБ, АСБ, СБГ, АСБГ	4	—	4—185	—	—	—
СП, АСП, СПГ, АСПГ	4	—	16—185	—	—	—

[1] Сортамент контрольных кабелей не приводится в связи с малым применением их в условиях строительства; они выпускаются с числом жил от 4 до 37 при сечении жилы алюминиевой—2,5 *мм*², медной от 1 до 2,5 *мм*² и с числом жил от 4 до 10 при сечении жилы от 4 до 10 *мм*².

4. ШЛАНГОВЫЕ ГИБКИЕ КАБЕЛИ И ПРОВОДА

Таблица 5

Основные технические данные

Марка	Наименование	Назначение	Конструкция	Сечение жилы
КРПТ	Кабель шланговый переносный тяжелый (нормальная строительная длина 100 *м*)	Для присоединения подвижных токоприемников при напряжении до 500 *в* переменного тока между жилами в условиях подверженности значительным механическим повреждениям. Применяется для строительных механизмов	Токопроводящая жила из медных проволок. Изоляционная резина. Обмотка прорезиненной тканевой лентой (для сечения жилы 10 *мм*² и выше). Скрутка изолированных жил. Резиновая шланговая оболочка	Одно-, двух- трехжильный от 2,5 до 70 *мм*², а также двух- и трехжильный тех же сечений с заземляющей жилой. Толщина шланговой оболочки от 2 до 5 *мм* (соответственно сечению)
ШРПС	Провод шланговый переносный средний (нормальная строительная длина 100 *м*)	То же, что и КРПТ, но в условиях подверженности умеренным механическим воздействиям. Применяется для электрифицированного инструмента	Токопроводящая жила из медных проволок. Изоляционная резина. Резиновая шланговая оболочка	Двух-, трех- и четырехжильный от 0,75 до 1,5 *мм*². Толщина шланговой оболочки 1,5 *мм*.
ШРПЛ	Провод шланговый переносный легкий (нормальная строительная длина 100 *м*)	Для присоединения подвижных токоприемников при напряжении до 220 *в* переменного тока между жилами, где провод не подвергается значительным механическим воздействиям. Применяется для переносных ламп и электрифицированных инструментов	Токопроводящая жила из медных проволок. Изоляционная резина. Скрутка жил или параллельная укладка. Резиновая шланговая оболочка	Двухжильный от 0,5 до 1,5 *мм*². Толщина шланговой оболочки—1,5 *мм*
ГРШС	Кабель шахтный гибкий шланговый (нормальная строительная длина 125 *м*)	Для присоединения двигателей силовых передвижных механизмов к сетям напряжением до 500 *в* переменного тока. Применяется для строительных механизмов	Токопроводящая жила из медных проволок. Изоляционная резина. Обмотка прорезиненной тканевой лентой (для 10 *мм*² и выше.) Скрутка жил вокруг резинового сердечника. Резиновая шланговая оболочка	Четырехжильный сечением от 2,5 до 70 *мм*² с четвертой заземляющей жилой. Толщина шланговой оболочки от 3,5 до 5 *мм*

Продолжение табл. 5

Марка	Наименование	Назначение	Конструкция	Сечение жилы
КШЭМ	Кабель высоковольтный экскаваторный (нормальная строительная длина 200 *м*)	Для присоединения отвальных мостов, экскаваторов и других машин к сетям напряжением 3 000 и 6 000 *в*	Медная жила. Изоляционная резина. Обмотка прорезиненной тканевой лентой. Экранирующая оплетка из медных проволок. Обмотка тканевой лентой. Скрутка жил. Шланговая оболочка	3 000 *в*—3 жилы: 95 и 150 *мм*² и одна 50 *мм*² 6000 *в*—3 жилы: от 25 до 70 *мм*² и одна 16 и 25 *мм*²
ГТШ	Кабель торфяной (нормальная строительная длина 100 *м*)	Для присоединения силовых передвижных установок к сетям 500, 3 000 и 6 000 *в*. Применяется для питания строительных машин (экскаваторов и др.) с высоковольтным электроприводом	Медная жила. Изоляционная резина. Обмотка прорезиненной тканевой лентой. Скрутка. Первая резиновая шланговая оболочка. Обмотка тканевой лентой. Заземляющая оплетка из медных луженых проволок. Вторая шланговая оболочка	Трехжильный с сечением жилы: для 0,5 и 3 *кв* от 6 до 70 *мм*², для 6 *кв*—от 6 до 50 *мм*²
ППШ	Кабель прожекторный (нормальная строительная длина: 10—16 *мм*² — 250 *м* 25—35 „ — 125 „ 50 „ — 175 „ 70 „ — 180 „)	Для присоединения передвижных прожекторных установок к сетям напряжением до 500 *в*	Жила из медных проволок. Изоляционная резина. Параллельная укладка жил и обмотка прорезиненной лентой. Резиновая шланговая оболочка	Двухжильный с сечением жилы от 10 до 70 *мм*²
ШПЭП	Кабель шланговый для лесных электропил	Для присоединения двигателей передвижных электропил к сетям 500 *в*	Жила из медных проволок. Изоляционная резина. Скрутка жил. Резиновая шланговая оболочка	Четырехжильный; 3 жилы сечением: 2,5—4 *мм*² и четвертая жила —1,5—2,5 *мм*²
ПРГД	Провод для дуговой сварки (нормальная строительная длина 100 *м*)	Для присоединения электрододержателей при дуговой сварке к сетям напряжением не более 120 *в* переменного тока	Жила из тонких медных проволок. Обмотка тканевой лентой или хлопчатобумажной пряжей. Изоляционная резина. Обмотка тканевой лентой. Резиновая шланговая оболочка	Одножильный от 6 до 120 *мм*². Толщина шланговой оболочки от 1 до 2,5 *мм*
ПЛНТ	Провод шланговый для переносных ламп (строительная длина— 16 *м* или кратная ей)	Для присоединения переносных электроламп при напряжении 220 *в* переменного тока	Жилы из медных проволок. Изоляционная резина. Навивка двух изолированных жил вокруг мягкого сердечника из бечевы. Шланговая оплетка из нефтестойкой резины	Двухжильный; сечение жилы 1 *мм*². Толщина шланговой оболочки 2 *мм*

5. УСТАНОВОЧНЫЕ ПРОВОДА И ШНУРЫ

Основные технические данные

Таблица 6

Марка	Наименование	Прокладка	Применение	Номинальное напряжение между жилами в *в*	Сечение жилы в *мм²*
ПР-500	Провод с медными жилами и резиновой изоляцией, в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом; одножильный	На роликах, изоляторах и клицах; в изоляционных трубках; в стальных трубах; по металлическим и бетонным поверхностям с прокладкой под проводами изолирующих материалов	Для осветительных и силовых сетей внутри и вне зданий, во вторичных цепях (защиты и управления)	500	0,75—400
АПР-500	То же, но с алюминиевой жилой; одножильный	В изоляционных трубках; на роликах, изоляторах и клицах; в стальных трубах	Для осветительных и силовых сетей внутри и вне зданий	500	1,5—400
ПРГ-500	Провод гибкий с медными жилами и резиновой изоляцией в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом	В металлических рукавах и трубах	Для соединения подвижных частей электрических машин, аппаратов и приборов внутри и вне зданий; по станкам	500	0,75—400
ПРД	Провод с резиновой изоляцией в оплетке из хлопчатобумажной пряжи; двухжильный	На роликах	Для осветительных сетей в сухих и отапливаемых помещениях	До 380	0,5—6
ДПРГ	Провод гибкий двухжильный в общей пропитанной оплетке	Внутри осветительных арматур	Для зарядки осветительных арматур вне зданий и в сырых помещениях в случаях, когда нужна гибкость	220	0,5—10
ШР	Шнур с медными жилами и резиновой изоляцией в оплетке из хлопчатобумажной пряжи; двухжильный	Открыто	Для присоединения легких осветительных подвесов к сети осветительной проводки в сухих помещениях	220	0,5—1,5

Продолжение табл. 6

Марка	Наименование	Прокладка	Применение	Номинальное напряжение между жилами в *в*	Сечение жилы в *мм*²
АР	Провод с медными жилами и резиновой изоляцией в оплетке из хлопчатобумажной пряжи; одножильный	Внутри и снаружи осветительных арматур	Для зарядки осветительных арматур в сухих помещениях в случаях, когда гибкость проводов не требуется	До 220	0,5
ТПРФ	Провод с медными жилами и резиновой изоляцией в трубчатой металлической фальцованной оболочке	Открыто с закреплением скобками	Для осветительных и силовых сетей в сухих помещениях при наличии легких механических воздействий на провода (например, проводки в лестничных клетках), а также в случаях, когда проводка выполняется незаметной	500	Одно-, двух-и трехжильный 1—10; двух-и трехжильный с заземляющей жилой 1,5—10
ПРТО	Провод с медными жилами и резиновой изоляцией в оплетке из хлопчатобумажной пряжи, пропитанной противогнилостным составом, для прокладки в трубах; одно-, двух-,трех- и четырехжильный	В стальных трубах или металлических рукавах	Для осветительных и силовых сетей во взрывоопасных помещениях, по вибрирующим поверхностям машин агрегатов и кранов и в случаях, когда вскрытие трубопроводов представляет большие трудности, а также во вторичных цепях	До 500 и до 2 000	Одножильный 1—500; двухжильный 1—125; трехжильный 1—120; четырехжильный 1,5—120
АПРТО	То же, но с алюминиевыми жилами	В стальных трубах или металлических рукавах	В сухих, сырых и особо сырых помещениях, в наружных установках	До 500 и до 2 000	То же

Продолжение табл. 6

Марка	Наименование	Прокладка	Применение	Номинальное напряжение между жилами в *в*	Сечение жилы в *мм²*
ПВ	Провод с медными жилами и полихлорвиниловой изоляцией	В трубах, на роликах, изоляторах и клицах, по металлическим и бетонным поверхностям с прокладкой под проводами изолирующих материалов	Для осветительных и силовых сетей внутри помещений (сухих, сырых, особо сырых, с парами минеральных кислот и щелочей) при температуре окружающей среды не выше 40°, на осветительных щитках, пусковых ящиках, в закрытых шкафах	500	0,75—95
АПВ	Провод с алюминиевыми жилами и полихлорвиниловой изоляцией	То же	—	—	2,5—95
ППВ	Провод с медными жилами и полихлорвиниловой изоляцией; ленточный	Открыто или скрыто (под мокрой или сухой штукатуркой)	Для осветительных сетей в жилых помещениях, административных зданиях, учебных, лечебных и детских учреждениях, а также в производственных помещениях. В силовых сетях с малыми нагрузками (до 1 *квт*). Допускается открытая прокладка по стенам и потолкам без дополнительной изоляции в сухих и влажных помещениях, в том числе в кухнях, на лестничных клетках, в подвалах жилых и общественных зданий. В санузлах проводка должна быть скрытой	До 500	Двух- и трехжильный 1—2,5
АППВ	То же, но с алюминиевыми жилами	То же		До 500	То же 2,5—4
АПН	Провод с алюминиевыми жилами и найритовой изоляцией	Неподвижная прокладка	Аналогично проводу ППВ или взамен провода ПРД	500	Одножильный от 2,5 до 6; двух- и трехжильный 2,5 и 4

6. ПРОВОДА ОБМОТОЧНЫЕ МЕДНЫЕ

Круглые обмоточные провода маркируются по диаметру медной жилы.

Таблица 7

Диаметры, сечения и вес круглой медной проволоки для обмоточных проводов

Диаметр в *мм*	Сечение в *мм*²	Вес в *кг/км*	Диаметр в *мм*	Сечение в *мм*²	Вес в *кг/км*	Диаметр в *мм*	Сечение в *мм*²	Вес в *кг/км*
0,05	0,002	0,017	0,49	0,19	1,68	1,4	1,54	13,68
0,06	0,003	0,025	0,51	0,2	1,82	1,45	1,65	14,68
0,07	0,004	0,034	0,53	0,22	1,96	1,5	1,77	15,71
0,08	0,005	0,045	0,55	0,24	2,11	1,56	1,91	16,99
0,09	0,006	0,056	0,57	0,25	2,27	1,62	2,06	13,32
0,1	0,008	0,07	0,59	0,27	2,43	1,68	2,22	19,71
0,11	0,009	0,084	0,62	0,3	2,68	1,74	2,38	21,13
0,12	0,011	0,1	0,64	0,32	6,86	1,81	2,57	22,87
0,13	0,013	0,118	0,67	0,35	3,13	1,88	2,77	24,68
0,14	0,015	0,137	0,69	0,37	3,32	1,95	2,99	26,54
0,15	0,018	0,157	0,72	0,41	3,6	2,02	3,2	28,49
0,16	0,02	0,179	0,74	0,43	3,82	2,1	3,46	30,79
0,17	0,023	0,202	0,77	0,46	4,14	2,26	4,01	35,66
0,18	0,025	0,226	0,8	0,5	4,47	2,44	4,67	41,57
0,19	0,028	0,252	0,83	0,54	4,81	2,63	5,43	48,29
0,2	0,031	0,279	0,86	0,58	5,16	2,83	6,29	55,92
0,21	0,034	0,308	0,9	0,63	5,65	3,05	7,3	64,95
0,23	0,041	0,37	0,93	0,68	6,04	3,28	8,45	75,12
0,25	0,049	0,436	0,96	0,72	6,43	3,53	9,79	87
0,27	0,057	0,509	1,0	0,78	6,98	3,8	11,3	100,8
0,29	0,066	0,587	1,04	0,85	7,55	4,1	12,6	112,3
0,31	0,075	0,671	1,08	0,92	8,14	4,5	15,9	141,4
0,33	0,085	0,76	1,12	0,92	8,76	4,8	18,1	160,9
0,35	0,096	0,855	1,16	1,06	9,39	5,2	21,2	188,8
0,38	0,11	1,01	1,2	1,13	10,05	5,5	23,8	211,2
0,41	0,13	1,11	1,25	1,23	10,91	6	28,3	251,4
0,44	0,15	1,35	1,3	1,33	10,8	6,5	33,2	295
0,47	0,17	1,54	1,35	1,43	10,72	7	38,5	342

Таблица 8

Эмалированные провода. Основные технические данные

Марка	Наименование	Применение	Диаметр провода по меди в *мм*	Электрическая прочность изоляции	
				диаметр провода по меди в *мм*	напряжение пробоя в *в*
ПЭЛ	Провод эмалированный лакостойкий	Обмотка катушек электрических аппаратов, приборов и машин при нормальных механических нагрузках на провода в процессе изготовления и эксплуатации	0,05—2,44	0,05—0,07	350—450
				0,08—0,09	400—550
ПЭЛУ	Провод эмалированный лакостойкий с утолщенной изоляцией			0,1 —0,13	400—700
				0,14—0,21	550—800
				0,23—0,41	800—1 200
ПЭТ	Провод эмалированный лакостойкий с повышенной теплостойкостью		0,38—2,44	0,44—0,51	800—1 200
				0,53—0,8	900—1 500
				0,83—1,35	1 000—1 800
				1,4—2,44	1 250—2 000
ПЭВ-1	Провод, изолированный высокопрочной эмалью в один слой	Обмотка электрических машин и аппаратов при повышенных механических нагрузках на провода в процессе изготовления и эксплуатации	0,08—2,44	—	—
ПЭВ-2	Провод, изолированный высокопрочной эмалью в два слоя				

Таблица 9

Вес катушки эмалированного провода

Диаметр провода по меди в *мм*	Минимальный вес провода на катушке в *г*	Диаметр провода по меди в *мм*	Минимальный вес провода на катушке в *г*
0,05—0,07	30	0,27—0,38	350
0,08—0,09	50	0,41—0,64	450
0,1 —0,14	100	0,67—0,8	800
0,15—0,18	200	0,83—1,04	1 500
0,19—0,25	240	1,08—2,44	2 000

Примечание. Эмалированные провода поставляются на катушках, упакованных в бумагу и снабженных ярлыками с указанием марки и диаметра провода по меди. На одну катушку наматывается один отрезок (конец) провода весом не менее указанного в настоящей таблице.

Таблица 10

Обмоточные провода с изоляцией из хлопчатобумажной пряжи, шелка, эмали, стекловолокна и асбеста

Марка	Изоляция	Применение	Диаметр или размер провода по меди в *мм*
ПБД	Два слоя обмотки из хлопчатобумажной пряжи	Обмотки электрических машин, трансформаторов и электромагнитных катушек аппаратов	Прямоугольный 0,9×2,1—5,5×14,5
ПБОО (круглый)	Один слой обмотки и один слой отплетки из хлопчатобумажной пряжи	Обмотки двигателей и генераторов среднего и большого габарита	1—5,2
ПБ (круглый)	Несколько слоев обмотки из телефонной или кабельной бумаги	Обмотки трансформаторов среднего и большого габарита	1—5,2
ПББО	Несколько слоев обмотки из кабельной или телефонной бумаги, скрепленной сверху открытой обмоткой из хлопчатобумажной пряжи	Обмотки трансформаторов среднего и большого габарита	0,9×2,1—5,5×14,5
ПЭЛБО	Лакостойкая эмаль и один слой обмотки из хлопчатобумажной пряжи	Обмотки электрических машин, трансформаторов и электромагнитных катушек аппаратов	0,2—2,1
ПЭЛБД	Лакостойкая эмаль и два слоя обмотки из хлопчатобумажной пряжи	То же	0,72—2,1
ПЭЛБТ	Лакостойкая эмаль и один слой обмотки из подклеенной телефонной бумаги	Обмотки малогабаритных электрических машин, катушек приборов и аппаратов	1—2,1
ПЭЛБВ	Лакостойкая эмаль и один слой обмотки из подклеенной длинноволокнистой бумаги	Обмотки электрических машин, трансформаторов и электромагнитных катушек аппаратов	0,51—1,45
ПЭЛШО	Лакостойкая эмаль и один слой обмотки из натурального шелка	Обмотки малогабаритных электрических машин, катушек приборов и аппаратов	0,05—2,1
ПЭЛШКО	Лакостойкая эмаль и один слой обмотки из капрона		0,05—2,1

Продолжение табл. 10

Марка	Изоляция	Применение	Диаметр или размер провода по меди в *мм*
ПЭТСО (круглый)	Теплостойкая эмаль и один слой обмотки из бесщелочного стекловолокна с подклейкой и пропиткой теплостойким лаком	Для обмотки тяговых и крановых двигателей; двигателей, работающих с периодической перегрузкой; двигателей устанавливаемых в горячих цехах; специальных трансформаторов и катушек; подъемных электромагнитов и т.п.	0,41—1,56
ПЭТКСО (круглый)	Кремне-органическая эмаль и один слой обмотки из бесщелочного стекловолокна с подклейкой и пропиткой кремне-органическим лаком		0,41—1,56
ПСД	Два слоя обмотки из бесщелочного стекловолокна с подклейкой и пропиткой теплостойким лаком		Круглый 0.31—3,28 прямоугольный 0,9×2,1—4,1×6,9
ПСДК (круглый)	Два слоя обмотки из бесщелочного стекловолокна с подклейкой и пропиткой кремне-органическим лаком		0,31—3,28
ПДА	Один слой дельта-асбеста с подклейкой и пропиткой теплостойким лаком		Круглый 1—4,8; прямоугольный 1,25×5,9—5,1×6,9

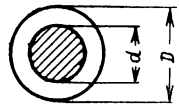
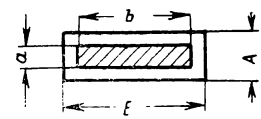
Таблица 11

Технические данные по обмоточным проводам марок ПЭЛБО и ПЭЛШО

Диаметр провода без изоляции в *мм*	Сечение в *мм*²	Сопротивление 100 *м* провода в *ом*	Допустимая нагрузка при плотности тока 1,5 *а/мм*² в *а*	ПЭЛБО		ПЭЛШО	
				диаметр провода с изоляцией в *мм*	вес 100 *м* провода с изоляцией в *г*	диаметр провода с изоляцией в *мм*	вес 100 *м* провода с изоляцией в *г*
0,51	0,204	8,58	0,306	0,67	199	0,61	192
0,55	0,238	7,36	0,357	0,71	230	0,65	222
0,59	0,273	6,41	0,409	0,75	263	0,69	225
0,64	0,322	5,44	0,483	0,8	307	0,74	300
0,69	0,374	4,69	0,561	0,85	355	0,79	346
0,74	0,43	4,07	0,65	0,91	403	0,85	398
0,8	0,503	3,48	0,755	0,97	475	0,91	459
0,86	0,581	3,01	0,87	1,03	546	0,97	535
0,93	0,679	2,58	1,01	1,1	636	1,04	624
1	0,785	2,23	1,17	1,2	739	1,12	721
1,08	0,916	1,91	1,38	1,29	858	1,2	840
1,16	1,057	1,66	1,59	1,36	986	1,28	966
1,25	1,227	1,45	1,82	1,45	1 150	1,37	1 120
1,35	1,431	1,23	2,15	1,55	1 330	1,47	1 304
1,45	1,651	1,06	2,48	1,65	1 530	1,57	1 502

Таблица 12

Максимальная двойная толщина изоляции обмоточных проводов

Марка проводов	Круглые провода					Прямоугольные провода		
								
	Диаметр проволоки d в *мм*					Меньшая сторона a в *мм*		
	0,2—0,25	0,27—0,96	1—1,45	1,5—2,1	2,26—5,2	0,9—1,95	2,1—3,8	4,1—5,5
	$D-d$ в *мм*					$B-b$ в *мм*		
ПБД	0,19	0,22	0,27	0,27	0,33	0,27	0,33	0,44
ПБОО	—	—	0,85	0,85	0,88	0,88	0,88	0,88
ПБ	—	—	0,35	0,35	0,35	—	—	—
	—	—	0,9	0,9	0,9	—	—	—
	—	—	1,35	1,35	1,35	—	—	—
	—	—	—	—	1,95	—	—	—
	—	—	—	—	3,05	—	—	—
	—	—	—	—	4,55	—	—	—
	—	—	—	—	6,2	—	—	—
ПББО	—	—	—	—	—	0,5	0,5	0,5
	—	—	—	—	—	1,05	1,05	1,05
	—	—	—	—	—	1,5	1,5	1,5
	—	—	—	—	—	2,1	2,1	2,1
	—	—	—	—	—	3,2	3,2	3,2
	—	—	—	—	—	—	4,7	4,7
	—	—	—	—	—	—	6,2	6,2

II. ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Таблица 13

Физические характеристики основных электроизоляционных материалов

Наименование	Удельный вес в *г/см*³	Относительная электрическая проницаемость	Электрическая прочность в *кв/мм*	Теплопроводность в *вт/см град*	Удельное электрическое сопротивление при 0° в *ом см*
Асфальт естественный	1,1—1,3	2,7	13—16	0,006	10^{14}
Бумага кабельная сухая	0,8	2,3—3,5	6—9	0,0013	10^{13}—10^{14}
То же, но пропитанная маслом	—	3,4—3,7	10—25	0,0022	10^{15}
Воздух при 20° и 760 *мм* рт. ст.	0,00121	1	3—4	0,006	—
Гетинакс	1,3—1,4	—	13—23	0,0017	10^{11}
Древесина:					
дуб парафинированный	0,76	4,5—5	4—7	—	10^{19}
береза сухая	0,64	2—3	3—5	—	10^{18}
бук сухой	0,73	3—3,5	5—6	—	10^{14}
Лакоткань	1,1—1,35	3,5—5	18—40	—	—
Масло трансформаторное	0,85—0,89	2—2,5	15—18	—	—
Миканит	2,2	4,6—6	15—30	—	—
Мрамор	2,7	8—10	3,5—5,5	0,03	10^{7}—10^{9}
Парафин	0,85—0,98	2—2,2	15—30	0,001	10^{14}
Полистирольные смолы	1,05—1,07	2,3—2,5	30—50	0,0015	10^{16}—10^{18}
Полихлорвиниловые смолы	1,25—1,4	3—3,8	15—25	0,0018	10^{14}—10^{15}
Полихлорвиниловый пластикат	1,2—1,3	3—3,5	12—18	—	10^{12}—10^{14}
Полиэтилен	0,92—0,95	2,3—2,4	25—40	0,0025	10^{16}—10^{18}
Резина изоляционная РТИ-1 Резина шланговая РШ-1	1,3—1,8	2,6—3,5	10—15	0,001	10^{13}—10^{14}
Слюда	2,8—3,2	6—7,5	120—200	0,0036	10^{12}—10^{15}
Стекло	2,5	1,5—10	10—40	0,011	10^{11}—10^{15}
Фибра	1,2—1,45	3—5	4—11	0,011	10^{10}
Фарфор	2,4—2,7	5—7,5	6—10	0,01	10^{14}—10^{15}
Шифер	2,7—2,9	4—16	1,5—3	0,02	10^{7}—10^{10}
Эбонит	1,25—1,45	2—3,5	8—10	0,0018	10^{17}
Эпоксидная смола	—	—	25—30	—	—
Электрокартон:					
сухой	0,9—1,3	2,5—4	8—10	0,0017	10^{9}—10^{13}
пропитанный в масле	—	4—5	12—17	—	10^{12}—10^{13}

2. ВОЛОКНИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Таблица 14

Механические свойства некоторых видов древесины (при 15%-ной влажности)

Наименование	Объемный вес в *г/см³*	Предел прочности в *кг/см²*			Сопротивление ударному изгибу в *кгм/см²*	Модуль упругости при статическом изгибе 10^3 *кг/см²*
		при сжатии вдоль волокон	при статическом изгибе	при скалывании вдоль волокон		
Сосна	0,51	440	895	65	0,22	89
Ель обыкновенная	0,46	425	770	70	0,18	84
Береза	0,64	470	825	110	0,38	80
Бук	0,69	485	1 000	115	0,37	—
Липа	0,46	345	635	—	0,26	56
Дуб	0,71	510	940	80	0,34	85
Граб	0,81	530	1 210	145	—	93

Примечание. В качестве электроизоляционного материала древесина применяется после ее просушки и пропитки изоляционным материалом (минеральное масло, парафин, льняное масло, нефтяные битумы, смолы и лаки и т. п.)

Таблица 15

Консервация древесины

Антисептики	Характеристика	Расход	Способы консервации
Креозотовое масло (в смеси с мазутом)	Легкоподвижная жидкость черного или коричнево-черного цвета с резким запахом. Вредно действует на слизистую оболочку	70—80 *г* на 1 *м³* древесины	Пропиточный цилиндр после загрузки древесиной герметически закрывается. Давление в цилиндре 3—4 *ат* поддерживается в течение 15—30 мин., затем цилиндр заполняется антисептиком и в нем устанавливается на 15—20 мин. вакуум
Уралит	Состав (в %): фтористый натрий—85, динитрофенол—15		
Паста для бандажей	Состав по весу: уралит—4 части, экстракт сульфитных щелочей—2 части, вода—1 часть	Для бандажа шириной 50 и длиной 100 *см*—1,3 *кг*	Бандаж из толя, пергамина или руберойда. 30 *см* бандажа— в грунте и 20 *см*—над поверхностью. Снаружи бандаж, шов и края его обмазывают горячим битумом, а внутреннюю поверхность—пастой
Битумная паста для суперобмазки	Состав по весу (в%): уралит—39, битум—14, зеленое масло—20, вода—27	Из расчета расхода чистого фтористого натрия 150 *г/м²*	Поверхностная обмазка. Поверх — гидроизоляционный слой из битума и песка
Паста „Мосэнерго"	Состав (в %): фтористый натрий—40, кузбасслак—50, вода—10	750 *г/м²* для надземных частей опоры и 1 *кг/м²* для частей в грунте	Покрывают пастой места, наиболее поддающиеся гниению. Поверх—гидроизоляция из слоя кузбасслака

Таблица 16

Электроизоляционные картоны и ленты

Наименование и применение	Толщина в *мм*	Ширина в *мм*	Объемный вес при 10%-ной влажности в *г/см*³	Прочность на растяжение в *кг/мм*²	Электрическая прочность после одного перегиба в *кв/мм*
Электроизоляционный картон					
ЭВ (целлюлозный, работающий в воздухе). Применяется для пазовых прокладок в электрических машинах, для катушек и катушечных каркасов в электроаппаратах	0,1—3	Ролевой 1 *м*; листовой: 0,9×1; 0,85×1,1; 1,85×3,6	0,95—1,15	7—5/2,5—3	8—10
ЭМ (целлюлозный, работающий в масле и в воздухе). Применяется исключительно в трансформаторах . . .	0.5—3		0,9—1,1	7—4/3,5—2	17—19
Фибра листовая (серая, черная и красная). Применяется для изготовления различных деталей вырезанием, штамповкой и формовкой .	0,5—50	0,6×0,9; 1×1	0,2—1,45	6—9,5—7	4—11
Асбестовая бумага электроизоляционная (в качестве изоляции применяется в пропитанном виде):					
типа А (из асбестового и хлопчатобумажного волокна)	0,2—0,4	0,95	0,5	1/0,25	2—5
типа Б (из асбестового волокна)	0,5				
Асбестовый картон АиАС Применяется в качестве огнезащитного, термоизоляционного и электроизоляционного материалов, а также для уплотнения соединений в аппаратах . .	2—12	0,9—1	Вес 1 *м*² толщиной 1 *мм*—1,4 *кг*	—	—
Ленты (применяются в непропитанном виде для бандажей)					
Тафтяная[1]	0,2—0,25	10,12,15,20, 25,30,35,40, 50,60	—	—	—
Киперная[2]	0,58	10—40	—	—	—
Миткалевая	0,18	12—35	—	—	—
Батистовая (применяется пропитанной для изолирования секций и катушек малых размеров)	0,16	12, 16 и 20	—	8,11,13	—

[1] Разрывное усилие 10—45 *кг*.
[2] То же, 15—45 *кг*

Таблица 17

Монтажные изоляционные ленты

Наименование	Ширина в *мм*	Толщина в *мм*	Вес 1 круга в *г*
Изоляционная смоляная черная лента (наружный диаметр круга 150 *мм*)	15 25 40 50 75	0,6 0,6 0,6 0,6 0,6	265 440 700 850 1 320
Изоляционная прорезиненная лента односторонняя и двусторонняя, серая и черная (длина в одном круге: односторонней 55—75 *м*, двусторонней 65—85*м*)	10 15 20 50	0,2—0,3 0,2—0,3 0,2—0,3 0,2—0,3	160—175 240—260 320—350 800—880

Таблица 18

Лакоткани и лакобумаги

Марка	Толщина в *мм*	Электрическая прочность (среднепробивное напряжение) после перегиба в *кв/мм*
Лакоткани на хлопчатобумажной основе		
ЛХ1—нормальная с повышенными диэлектрическими свойствами	0,15; 0,17; 0,2; 0,24	18—18,3
ЛХ2—нормальная	0,17; 0,2; 0,24; 0,3	15—16
ЛХМ—маслостойкая	0,17; 0,2; 0,24	18,3
Лакоткани на шелковой основе		
ЛШ1—нормальная с повышенными диэлектрическими свойствами	0,1—0,15	42
ЛШ2—нормальная	0,08; 0,1; 0,12; 0,15	30
Лакоткани на хлопчатобумажной и стеклянной основе (черные) и стеклоткани		
ЛХЧ1—нормальная с повышенными диэлектрическими свойствами	0,17; 0,2; 0,24	26,3—26,5
ЛХЧ2—нормальная	0,17; 0,2; 0,24; 0,3	18—19
Стеклоткани	0,11—0,25	15,5
Лакобумага		
Лакированная бумага	0,04	—
Бакелизированная „	0,036—0,12	—

Примечание. Лакоткани—изоляционные материалы класса А, имеющие волокнистую основу, пропитанную специальными пленкообразующими электроизоляционными составами—масляными, асфальто-масляными, глифталевыми, асфальто-глифтале-масляными (бакелитовыми) и др., выпускаются в рулонах. Лакоткани, пропитанные черными масляно-асфальтовыми и бакелитовыми составами, отличаются большей влагостойкостью, более высокими электрическими характеристиками и повышенной теплостойкостью, но они менее стойки против бензина и минеральных масел.

3. СЛЮДЯНЫЕ И СЛОИСТЫЕ ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Таблица 19

Технические данные по слюдяным материалам

Наименование и марка	Композиция	Склеивающие вещества	Толщина листов в *мм*	Электрическая прочность (среднее пробивное напряжение) в *кв/мм*	Применение
Миканит коллекторный КФ и КМ	Твердый листовой многослойный материал из тонких пластинок щипаной слюды	Шеллак и глифталевые композиции	0,4—3	18	Промежуточная изоляция между ламелями электрических машин
Миканит прокладочный ПМ1, ПМ2 ПФ1 м ПФ2	Твердый листовой материал из щипаной слюды	Глифталевая и аналогичные смолы	0,5—10	15—20	Прокладки различных размеров и форм
Миканит гибкий ГМ, ГФ0, ГФ2 и ГФ3	То же, но с дополнительной оклейкой листов с обеих сторон тонкой бумагой (или без оклейки)	Масляно-глифталевые или масляно-битумные лаки	0,15—0,5 (без оклейки), 0,2—0,5 (с оклейкой)	15—30	Изоляция различных частей машин и аппаратов
Микафолий ММГ, МММ, ММШ, МФБ, МФМ и МФШ (в рулонах шириной 400 *мм* и более или в листах)	Один или несколько слоев склеенных пластинок щипаной слюды с бумажной подложкой с одной стороны	Глифталевые, масляно-глифталевые и шеллачные лаки	0,15; 0,2 и 0,3	13—16	Изолирование электрических машин и аппаратов. Высокогибкий, формуется в нагретом состоянии
Микалента ЛМУI, ЛМII, ЛМСI, ЛМСII, ЛФЧI, ЛФЧII, ЛФСI и ЛФСII	Гибкий материал, полученный склеиванием одного или нескольких слоев щипаной слюды и оклеенный специальной тонкой бумагой	Масляно-битумные и масляно-глифталевые лаки	0,08—0,17	14—20	Всякого рода обмоточные работы

Таблица 20

Технические данные по слоистым материалам

Наименование	Способ изготовления	Толщина листов в *мм*	Удельный вес в *г/см*³	Удельное сопротивление в *ом·см*	Электрическая прочность в *кв/мм*	Теплостойкость в град.	Применение
Гетинакс	Из специальной бумаги, пропитанной смолой типа бакелит	0,5—50	1,3—1,4	10^{11}	13—23	150	Марка А—в трансформаторном масле, марка Б— на воздухе
Текстолит	Горячим прессованием хлопчатобумажной ткани (бязь, миткаль), пропитанной смолой резольного типа	0,5—50	1,3—1,4	10^{9}	2—8	120—130	Для изготовления щитков, панелей, прокладок, распорок, пазовых клиньев в электрических машинах, щеткодержателей и т. д.
Текстогетинакс	Горячим прессованием хлопчатобумажной ткани с бумагой, пропитанной смолой резольного типа	1—50	1,3—1,4	10^{9}	2—3,5	120	То же
Стеклотекстолит электротехнический листовой	На основе бесщелочной стеклянной ткани, пропитанной смолой резольного типа	0,5—0,15	1,65—1,85	10^{12}	10—12	180	В электрических машинах и аппаратах с теплостойкой изоляцией

Примечание. Указанные в таблице материалы, кроме стеклотекстолита, допускают механическую обработку (распиловку, сверление, шлифование, обточку) без сколов и трещин, а также штампование листов толщиной до 3 *мм* (до 2 *мм*—без тепловой обработки, олее 2 *мм*—с подогревом до 80—90°).

4. ТРАНСФОРМАТОРНОЕ МАСЛО (ПО ГОСТ 982-56)

Свежее (вновь поступившее) трансформаторное масло должно отвечать следующим требованиям:

1. Электрическая прочность масла — пробивное напряжение в стандартном разряднике должно быть не ниже следующих величин:

Номинальное напряжение электроаппаратуры в *кв*	Ниже 35	35 и выше
Минимально допустимое пробивное напряжение масла в *кв*	30	40

2. Масло не должно содержать воды и механических примесей.

3. Кислотное число в *мг* едкого калия (KOH) на 1 *г* масла не должно быть более 0,05 для трансформаторного масла и 0,03 для трансформаторного масла с присадкой ВТИ-1.

4. Масло не должно содержать водорастворных кислот и щелочей.

5. Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, должна быть не ниже 135°.

6. Вязкость масла не должна превышать следующих величин:

Температура масла в град.	20	50
Кинематическая в *сст*	30	9,6
Соответствующая ей условная *Э*	4,2	1,8

7. Содержание золы в масле должно быть не более 0,005%.

8. Температура застывания масла должна быть не ниже — 45°; для трансформаторов силовых и измерительных, масляных реакторов и т. п. температура застывания масла не нормируется.

9. Натровая проба с подкислением должна быть не более двух баллов.

10. Масло, охлажденное до температуры +5°, должно оставаться прозрачным.

(Продолжение текста см стр. 419)

Примечания: 1. В соответствии с „Правилами устройства электроустановок" каждая партия поступившего свежего трансформаторного масла должна подвергаться анализам и испытаниям по всем показателям его качества, включая испытание на электрическую прочность.

Качество масла, отбираемого из трансформаторов, масляных выключателей и прочих аппаратов перед включением их под напряжение, должно проверяться лишь по показателям пп. 1—5 (сокращенное испытание).

При заливке в трансформаторы, выключатели и аппараты кондиционных масел разных марок смесь их должна проверяться на стабильность (п. 11).

2. Требования к трансформаторному маслу, находящемуся в эксплуатации, приведены ниже в разделе четвертом гл. III.

5. ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ЛАКИ

Пропиточные лаки

Таблица 21

Марка	Характеристика	Применение	Растворитель	Время высыхания лака, нанесенного на бумажной основе, при $t=105—110^0$ не более в час.	Электрическая прочность (средняя) пленки лака в *кв/мм*		
					при $t=18—20^0$	при $t=90^0$	после воздействия воды в течение 24 час. при $t=18—20^0$
№ 460 (по ГОСТ 6244-52)	Черный масляно-битумный лак печной сушки. Повышенные электрические свойства. Высокая влаго- и теплостойкость. Хорошая пропиточная способность. Не маслостоек	Пропитка обмоток электрических машин и аппаратов, работающих в среде с повышенной влажностью; катушек тяговых машин и секций якорей электромашин влагостойкого исполнения	Смесь уайт-спирита и ксилола	10	60	30	22
№ 447 по ГОСТ 6244-52)	Черный масляно-битумный лак печной сушки	Пропитка обмоток электрических машин с повышенной влагостойкостью, вращающихся обмоток машин, работающих в тяжелых условиях (крановых, тяговых)	То же	6	55	25	22

Продолжение табл. 21

Марка	Характеристика	Применение	Растворитель	Время высыхания лака, нанесенного на бумажной основе, при t=105—110° не более в час.	Электрическая прочность (средняя) пленки лака в *кв/мм*		
					при t=18—20°	при t=90°	после воздействия воды в течение 24 час. при t=18—20°
№ 458 (по ГОСТ 6244-52)	Черный масляно-битумный лак ускоренной печной сушки. Хорошая пропиточная способность. Хорошо противостоит действию влаги и кислот, но не маслостоек	Пропитка статорных и роторных обмоток электрических машин, секций машин постоянного и переменного тока, катушек приборов и аппаратов, работающих на воздухе, а также во всех случаях, когда необходим пропиточный лак быстрой печной сушки и не требуется маслостойкость изоляции	Смесь уайт-спирита и ксилола	3	55	25	20
№ 1154 (ВТУ ОАА 503030-53)	Светлый глифтале-масляный лак печной сушки. Пленка лака отличается высокой теплостойкостью и стойкостью против воздействия горячего минерального масла и кислот	Пропитка обмоток, погружаемых в трансформаторное масло	То же	2	При t=100—110°		55

Примечания: 1. Лаки № 460, 447 и 458 представляют собой растворы сплавов черных смол (лаковых битумов, асфальтитов) и растительных масел в органических растворителях с добавлением сиккатива, лак № 1154—раствора глифтале-масляной основы в органических растворителях.

2. Пропиточная способность лаков № 460, 447 и 458—не менее 30 слоев, водопоглощаемость—не более 1%.

Таблица 22

Покровные и клеящие лаки

Марка	Характеристика	Применение	Время высыхания лака не более	Водопоглощаемость пленки в % не более	Электрическая прочность (средняя) пленки лака в *кв/мм*		
					при $t=20°$,	при $t=90°$	после воздействия воды в течение 24 час. при $t=20°$
	Покровные лаки						
№ 462п (ВТУ МЭП 422-51)	После высыхания на воздухе дает гладкую, блестящую, однородную, твердую пленку, стойкую против воздействия воды, озона и слабых кислот. Не маслостоек. Цвет черный.	Покрытие пропитанных неподвижных и вращающихся обмоток электрических машин, пропитанных катушек электрических аппаратов с влагостойкой изоляцией и различных деталей	3 час.	1	50	20	12
№ 202 (ВТУ МЭП 766-51)	Светлый (от светлого до коричневого) масляный лак печной сушки. Растворитель—уайт-спирит. По высыхании дает гладкую и блестящую пленку без морщин	Лакировка динамной и трансформаторной стали	12 мин.	—	Сопротивление стандартного пакета лакированной электрической стали как при однослойной, так и при двуслойной лакировке 500 *ом/см²*		
	Клеящие лаки						
№ 1155 (ВТУ ОИИ 504017-53)	Светлый глифталевый лак-раствор глифталевой смолы № 1350 в смеси этилового спирта и бензола	Применяется в производстве слюдяной изоляции (миканит и микафолий)	3 час.	—	30	—	—
№ 441 (ВТУ 423-51)	Раствор сплава битума и растительного масла в органических растворителях (уайт-спирит, бензол, толуол, ксилол). Эластичная гибкая пленка. Цвет черный	То же	2 „	0,6	60	25	20
№ 3256 (ВТУ ОИИ 504014-53)	Светлый бакелитовый лак-раствор крезольной смолы в этиловом спирте. При $t=140$—$150°$ пленка приобретает высокие электрические свойства, становится водостойкой, масло- и кислотостойкой	Лакировка электроизоляционных бумаг для изготовления слоистых электроизоляционных изделий и для изолирования деталей электрических машин и аппаратов	1 „	—	—	—	—

11. После окисления (искусственного «старения») масла осадок и кислотное число не должно превышать следующих величин (проверка общей стабильности масла против окисления):

Марка масла	Трансформаторное	Трансформаторное с присадкой ВТИ-1
Осадок в %	0,1	0,05
Кислотное число в *мг* КОН на 1 *г* масла	0,35*	0,2

12. Содержание как летучих, так и нелетучих водорастворимых кислот в *мг* КОН на 1 *г* масла в начале «старения» должно быть не более 0,005**.

13. Для масел с присадкой ВТИ-1 содержание присадки должно быть в пределах 0,009—0,015%.

14. Тангенс угла диэлектрических потерь в масле должен быть:

при 20° не более 0,3%
» 70° » 2,5%

III. РАЗНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

1. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КАБЕЛЬНЫХ РАБОТ

1) Эпоксидная шпатлевка Э-4021

Применяется для концевой заделки кабелей. Состоит из следующих компонентов (в %):

эпоксидная смола Э-40	45
дибутилфталат	8
красный железоокисный пигмент	3
тальк	34
этилцеллозольф	10

Выпускается заводами лакокрасочной промышленности по ВТУ КУ 498-57 в виде густой тестообразной массы красно-коричневого цвета. К шпатлевке перед ее применением добавляют 8,5% отвердителя № 1, состоящего из 50%-ного раствора гексаметилендиамина в этиловом спирте. Отвердитель № 1 (ВТУ 3-55) поставляется комплектно со шпатлевкой (в виде жидкости желто-коричневого цвета).

* Для трансформаторного масла, вырабатываемого из эмбенских нефтей, при испытании на общую стабильность допускается кислотное число окисленного масла не более 0,5 *мг* КОН на 1 *г* масла.

** Проверка склонности масла к образованию водорастворимых кислот в начале старения.

Таблица 23

Рецептуры покровного (№ 1) и заполнительного (пропиточного, № 2) перхлорвиниловых лаков

Компоненты	Содержание компонентов (в вес. частях)	
	лак ПХВ № 1	лак ПХВ № 2
Дихлорэтан технический (по ГОСТ 1942-42), циклогекслион или растворитель № 4 МХП	100	100
Смола перхлорированная полихлорвиниловая сухая (по ТУ МХП 1949-50)	15	30
Дибутилфталат (по ГОСТ 3863-47) или трихлорбензол	2	4
Совол (по ТУ МХП 723-44) или касторовое масло . .	1	1

2) Перхлорвиниловые лаки

Применяются при сухих концевых заделках кабелей с бумажной изоляцией с помощью полихлорвиниловой ленты.

Приготовление лаков. В посуду строго по весу загружается перхлорированная полихлорвиниловая смола; затем в тот же сосуд вливается дихлорэтан (или другой растворитель) и сосуд плотно закрывается пробкой; содержимое сосуда перемешивается взбалтыванием, а затем отстаивается до полного растворения смолы (в течение суток); для ускорения процесса растворения смолы рекомендуется поставить сосуд в теплое место и смесь периодически взбалтывать; после полного растворения смолы в смесь вводятся пластификаты (дибутилфталат и совол или заменяющие их вещества), и содержимое сосуда вновь перемешивается.

3) Покровные найритовые лаки

Представляют собой растворы найритовой смеси в бензине и этилацетате. Выпускаются: ИКФ-130 — черный, ИКФ-141 — красный, ИКФ-147 — темно-красный.

Применяются для защиты резиновой изоляции от преждевременного старения.

Найритовая смесь должна храниться не свыше 3 месяцев в стеклянной или железной таре емкостью не свыше 10—15 *л* в помещении при температуре не выше 25°.

Жидкая найритовая смесь наносится кистью, окунанием или пульверизацией. После покрытия и 20—24-часовой выдержки для стабилизации пленки (защитного слоя) покрытая поверхность припудривается тальком.

В случае надобности найритовые лаки можно разбавлять смесью из равных частей по объему бензина и этилацетата (10—15% от веса общей массы).

4) Кабельные массы

Технические данные по кабельным массам

Таблица 24

Марка	Применение	Технические данные								
		температура каплепадения в град. Убеллоде не менее	температура вспышки в град. не ниже	температура при заливке в град.	компоненты в %					
					канифоль	масло машинное, трансформаторное или автол 10	брайтсток	рубракс № 1	битум № 3	битум № 5
Б-70	Заливка чугунных или стальных соединительных муфт для кабелей до 3 *кв* включительно и воронок для кабелей до 10 *кв* в земле или в холодных помещениях	70	230	160—185	—	—	—	40	60	—
					—	—	—	—	40	60
МБ-90	То же, но монтируемых на поверхности земли или в отапливаемых помещениях . .	90	230	185—190	—	—	—	70	30	—
					—	—	—	—	10	90
МБМ-90	То же, но монтируемых на открытом воздухе и в земле при низких температурах .	85	185	155—160	Масса МБ-90 81% Трасформаторное масло 19%					
МК-45	Взамен МБ-70 и МБ-90 для заливки только вполне герметичных соединительных и концевых муфт, монтируемых внутри помещений для кабелей напряжением до 35 *кв* включительно	45	185	125—130	75	25	—	—	—	—
					70	—	30	—	—	—
МП-1	Пропарка мест соединений и оконцевания кабелей выше 3 *кв* и заливка банок с роликами и рулонами	35	160—180	110—120	70	30*	—	—	—	—
					75	25*	—	—	—	—
					50	50	—	—	—	—

* Масло машинное с электрической прочностью, соответствующей пробивному напряжению в стандартном разряднике не ниже 35 *кв*.

2. ПРИПОИ

Таблица 25

Мягкие припои

Марка	Применение	Компоненты в %				Температура плавления в град.	Удельный вес	Флюсы
		олово	свинец	сурьма	примеси			
	Оловянистые							
О-1	Пайка ответственных контактов, выводов обмоток при большой плотности тока	99,9	—	—	0,1	240	7,2	Хлористый цинк[1]. Паяльная мазь[2]. Канифоль
О-2		99,8	—	—	0,2			
	Оловянно-свинцовые							
ПОС-18	Пайка меди, латуни, цинка, стали (наконечников и жил проводов) при малых плотностях тока	17—18	79—81	2—2,5	0,3	277	10,2	Канифоль или паяльная мазь[2]
ПОС-30		29—30	67,5—68,5	1,5—2	0,3	245	9,8	
ПОС-40	Пайка меди, латуни, стали. Полудка медных шин и жил кабелей. Пайка наконечников при больших плотностях тока	39—40	58—59	1,2—2	0,25	235	9,3	То же
ПОС-90	Пайка концов обмоток и витков трансформаторов, электрических машин и различных приборов	89—90	9,65—10,65	0,1—0,15	0,23	222	7,6	Хлористый цинк, паяльная мазь или канифоль
	Оловянно-свинцово-сурьмянистые							
ПОСС-4-6	Пайка белой жести, латуни, стали. Пайка свинцовых деталей и свинцовых муфт	3—4	90	5—6	0,3	265	10,7	Стеарин и канифоль

[1] Раствор цинка в концентрированной соляной кислоте до полного насыщения.
[2] Состав по весу в %: канифоль 50, сало животное 40, нашатырь в порошке 10.

Таблица 26

Припои для пайки проводов и кабелей с алюминиевыми жилами

Марка	Компоненты в %						Температура плавления в град.	Флюсы*	
	цинк	олово	медь	алюминий	кремний	кадмий		марка	температура плавления в град.
„Мосэнерго"-А	85	—	—	15	—	—	450	КМ-1	600—700
	58,5—56	40—42	1,5—2,0	—	—	—	400		
34А	—	—	25—30	71—63	4—7	—	525	34А	420
Авиа-1** . . .	25	55	—	—	—	20	—	Для пайки алюминиевых шин и проводников	
Авиа-2** . . .	24	40	—	16	—	20	—		
Авиа-3** . . .	33	63	—	1	—	—	—		

* Состав флюсов в % (по весу):
КМ1—хлористый калий 45, хлористый натрий 20, хлористый барий 20, фтористый литий 15;
34А—хлористый литий 35—25, фтористый калий 12—8, хлористый цинк 8—15, хлористый калий 45—52.
** Применяются для пайки алюминиевых шин и проводников.
Авиа-3—с добавлением 3% фосфористого олова.

3. КРАСКИ И ЛАКИ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Таблица 27

Краски масляные и эмалевые

Наименование краски	Время высыхания в час.		Укрывистость в $г/м^2$	Количество олифы для разведения в %	Применение
	при $t=18$—$20°$	полное[1]			
Масляные					
Густотертая серого цвета	6—12	24	150—155	30—50	Опорные металлические конструкции, кожухи, детали, электрооборудования, панели щитов управления, распределительные щиты
То же, серодикая	10	24	130—150	30—50	
То же, черная	—	30	30	30—50	
Белила цинковые густотертые	12	24	170—195	20—25	
Белила литопонные густотертые	8—10	24	175—190	25—35	
Сурик железный густотертый	10—14	24	60—70	Готовый к употреблению	Токоведущие части жестких троллеев
Эмалевые					
АКС-1 и АКС-2 алюминиевая	—	—	—	—	Распределительные шкафы, пускатели
АЛ-177 алюминиевая . . .	—	—	—	—	

[1] Для ускорения высыхания применяются сиккативы 64-Б и 64-П (не более 10%).

Таблица 28

Масляные эмали для окраски шин

Марка	Цвет	Применение	Количество на 1 $м^2$ при окраске за два раза в *г*
		Шины постоянного тока:	
КО(и ФО)-19	Бордо	положительная	90
КО(и ФО)-16	Синий	отрицательная	120
		Шины трехфазного тока:	
КО(и ФО)- 6	Желтый	фаза *А*	180
КО(и ФО)-14	Зеленый	„ *В*	150
КО(и ФО)-21	Красный	„ *С*	130
КО(и ФО)-25*	Черный	Шины защитного заземления	40

* Применяются также для надписей.

Таблица 29

Лаки разные

Марка и наименование лака	Время высыхания в час.		Применение
	при t = 18—20°	полное	
№ 7-627 глифталевый	24	—	Наружные поверхности шинных контактных соединений
№ 10 (б. № 42) битумный черный	48	—	Внутренние поверхности стальных труб и стальные оболочки кабелей
№ 35 черный асфальтово-битумный (заменитель лака № 10)	2	24	
№ 177 битумный черный	2	6—8	Металлические конструкции, наружные поверхности стальных труб и стальные оболочки кабелей
№ 8 (б. № 99) тинктура	3	6	Для разведения цветных густотертых красок при окраске токоведущих частей, а также для приготовления алюминиевой краски
№ 411 масляно-битумный черный кислотоупорный	6	45	Поверхности аккумуляторов и конструкций в помещениях аккумуляторных батарей
Каменноугольный кузбасский лак	6	24	Наружные поверхности стальных труб и конструкций
№ 67 битумный черный	Быстросохнущий		Внутренние поверхности стальных труб

Примечание. Для растворения масляных и битумных лаков применяются уайт-спирит или скипидар; №411 выпускается готовым к употреблению.

4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Таблица 30

Заменители маслоупорной резины и пробки для уплотнений трансформаторов (прокладки)

Наименование заменителей	Технические данные
Клингерит	Толщина прокладок 5—6 *мм*. Прокладки пропитывают в жидком бакелитовом лаке или глифталевом лаке № 1154 в течение 24 час., затем просушивают в течение 24 час. Перед установкой прокладки вторично покрывают лаком. Применяются для фланцев крышки, газового реле, патрубков, расширителя, маслоспускных кранов.
Картон обыкновенный (не электротехнический) из древесной массы	Толщина прокладок 1,5 *мм*, высота 10—12 *мм*, ширина 15—30 *мм*. Заготовленные полоски картона склеивают казеиновым клеем со сдвигом в местах стыков в 50—60 *мм*. После склеивания сушат. При установке прокладки с обеих сторон покрывают бакелитовым лаком. Применяются для фланцев крышек трансформаторов.
Асбестовый шнур	Диаметр 15—30 *мм*. Шнур пропитывают в жидком бакелитовом лаке или глифталевом лаке № 1154 в течение 24 час., после чего просушивают в течение 4—5 час. Применяется для уплотнения фланцев крышек трансформаторов.
Канат пеньковый или хлопчатобумажный	Диаметр 15—20 *мм*. Канат пропитывают в течение 6—8 час. в натуральной олифе, подогретой до 50—60°. Перед применением покрывают бакелитовым лаком или лаком № 2.

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

I. СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК

1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СХЕМАМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Схемы электроснабжения строительных площадок должны соответствовать требованиям «Правил устройства электроустановок», учитывать изменчивость величины электронагрузок и их распределение по территории строительства, обеспечивать минимальный расход цветных металлов и минимальные потери электроэнергии, предусматривать широкое использование инвентарных переносных и передвижных устройств, в том числе комплектных трансформаторных подстанций, обеспечивать требуемую надежность электроснабжения потребителей.

Постоянные энергетические объекты строящегося предприятия, а также существующие источники питания (энергосистема, ТЭЦ промпредприятия) должны во всех случаях максимально использоваться для временного электроснабжения строительства.

2. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК

Выбор схемы питания зависит в основном от категории потребителей электроэнергии (см. табл. 1), величины потребляемой мощности, размещения потребителей по территории строительной площадки, а также расположения источников электроэнергии.

1) Питание от существующих посторонних источников электроэнергии

В первую очередь следует применять воздушные линии, которые дешевле кабельных.

Временные трансформаторные подстанции (ТП), питаемые от высоковольтных линий, следует располагать по возможности ближе к центрам нагрузки. Подстанции выполняются обычно однотрансформаторными и питаются по магистральным схемам с односторонним или двусторонним питанием.

К магистрали с односторонним питанием (рис. 1) присоединяется не более трех-четырех трансформаторов.

Для питания строительной площадки от внешних источников следует применять в первую очередь воздушные линии электропередачи.

Таблица 1

Категории электроприемников в отношении обеспечения надежности их электроснабжения (по ПУЭ I-2-27)

Категории	Общая характеристика	Электроустановки	Порядок обеспечения электроснабжения
Первая	Электроприемники, нарушение электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей или значительный ущерб, связанный с повреждением оборудования	Водоотливные установки при строительстве гидротехнических сооружений, кессонные работы, проходка туннелей и т. п.	Должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых источников питания. Перерыв в электроснабжении может быть допущен лишь на время автоматического ввода резервного питания.
Вторая	Электроприемники, перерыв в электроснабжении которых связан с массовым недоотпуском продукции, простоем рабочих механизмов и промышленного транспорта	Строительная площадка, оснащенная средствами механизации с электроприводом. Крупные производственные предприятия строительства: бетонные заводы, заводы железобетонных изделий, деревообрабатывающие комбинаты и т. п.	Допускается питание по одной воздушной линии и одним трансформатором (при наличии централизованного резерва). Перерывы в электроснабжении допустимы лишь на время, необходимое для включения резервного питания действиями обслуживающего персонала
Третья	Все остальные электроприемники, не подходящие под определения первой и второй категорий	Небольшие поселки, вспомогательные цехи, отдельные строительные машины и т. п.	Допускаются перерывы в электроснабжении на время, необходимое для ремонта или замены поврежденного участка системы электроснабжения, но не свыше 1 суток

Число линий зависит от категории нагрузки (см. табл. 1) и передаваемой мощности (см. табл. 2).

Таблица 2

Ориентировочные величины мощностей, передаваемых по одной ЛЭП, в зависимости от величины напряжения и расстояния

Напряжение в *кв*	Расстояние в *км*	Передаваемая мощность в *квт*
6	3—8	4 000—2 000
10	5—12	5 000—2 000
35	20—50	10 000—2 000

Магистраль с двусторонним питанием (рис. 2) более надежна. Такая магистраль обычно разомкнута. При аварии на одном из головных участков половина магистрали отключается выключателем, установленным в начале магистрали. После отыскания и отсоединения разъединителями аварийного участка питание обесточенной части магистрали осуществляется с другого конца магистрали при замкнутом разъединителе *Р*.

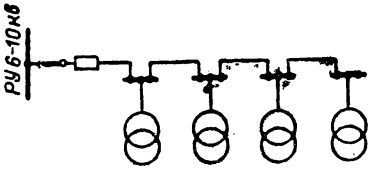


Рис. 1. Магистральная схема с односторонним питанием

При большом количестве трансформаторных подстанций на территории строительной площадки сооружается распределительный пункт (РП), к которому подается электроэнергия от энергосистемы. От РП по магистральным или, реже, радиальным фидерам получают питание трансформаторные подстанции (ТП). Обычно РП выполняется с секционированными сборными шинами и является распределительным устройством, в котором электроэнергия не трансформируется на более низкое напряжение. В случаях, когда напря-

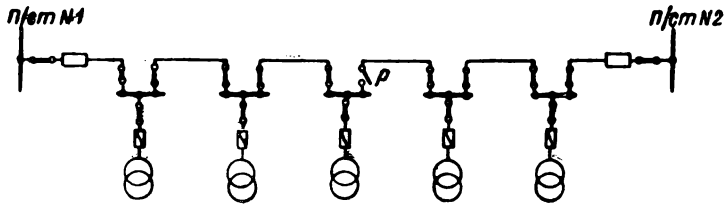


Рис. 2. Магистральная схема с двусторонним питанием

жение электроэнергии, получаемой от системы, например 35 *кв*, необходимо понизить, на территории строительной площадки сооружается главная понизительная подстанция, которая является одновременно и распределительным устройством.

Присоединение новых мощностей к сетям энергосистем производится в следующем порядке:

а) до начала проектирования получают согласие энергоснабжающей организации (районного управления или энергокомбината) на присоединение новых мощностей и технические условия на осуществление этого присоединения;

б) технический проект электроснабжения объекта согласовывают с энергоснабжающей организацией, выдавшей технические условия на проектирование;

в) срок действия согласованного технического проекта ограничивается 1 годом со дня наложения штампа о согласовании. По истечении этого срока при неготовности объекта к подключению и сдаче в эксплуатацию технический проект согласовывается повторно.

Подключение новых мощностей к сетям энергосистем производится по предварительным заявкам.

2) Питание от собственного источника электроэнергии

Собственная временная электростанция строительства должна быть размещена в центре нагрузок. Напряжение генераторов электростанции выбирается в зависимости от ее мощности.

При мощности до 400—500 *квт* следует применять генераторы на напряжение 0,4/0,23 *кв*. Все потребители электроэнергии, находящиеся на расстоянии до 500—600 *м*, получают питание на генераторном напряжении. Передача электроэнергии на расстояния, превышающие 600—800 *м*, производится при напряжении 6 *кв*, для чего на электростанции устанавливается повысительный трансформатор, а у потребителей — понизительный трансформатор.

При мощности свыше 500 *квт* применяются генераторы на напряжение 6 *кв*.

Трансформаторные подстанции и высоковольтные двигатели на строительной площадке получают питание на генераторном напряжении по магистральным линиям. Для питания собственных нужд электростанции, а также находящихся вблизи потребителей, на станции устанавливается понизительный трансформатор.

В условиях строительства широкое применение имеют передвижные электростанции, в том числе для более крупных нагрузок — паротурбинные энергопоезда (см. ниже гл. II).

В схемах низковольтных электросетей рекомендуется предусматривать совместное питание силовых и осветительных нагрузок. Раздельное питание допускается, когда к сети, питающей значительную осветительную нагрузку, присоединяется большое количество сварочных трансформаторов. Обязательным является устройство дублированного питания осветительной нагрузки для работ, не допускающих перерывов в подаче энергии: кессонных, туннельных и т. п.

3) Выбор мощности и местоположения трансформаторных подстанций

Выбор числа и местоположения подстанций, а также мощности трансформаторов на подстанциях производится по принципу рационального разукрупнения и упрощения подстанций и максимального прибли-

жения их к потребителям электроэнергии. На строительных площадках наиболее целесообразно применять однотрансформаторные подстанции. Радиус действия каждой подстанции при напряжении на низкой стороне трансформаторов 400/230 *в* из условий допустимых потерь напряжения и минимального расхода цветного металла, как правило, не превышает 400—500 *м*.

3. ВЫБОР НАПРЯЖЕНИЯ И СЕЧЕНИЯ ПРОВОДОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 35 *кв* ВКЛЮЧИТЕЛЬНО

Выбор напряжения и сечения проводов ЛЭП определяется прежде всего величиной произведения передаваемой мощности P *квт* на расстояние L *км* (PL *квткм*) и величиной допустимой потери напряжения в линии.

Для высоковольтных линий величина потери напряжения может быть допущена до 10%, для низковольтных линий напряжением 220 и 380 *в* — до 5—6% (от понизительного трансформатора до потребителя).

Согласно нормам потери напряжения в сетях промышленных предприятий и регулирование напряжения на трасформаторах должны приниматься в таком размере, чтобы напряжение на зажимах электродвигателей при нормальных режимах не отличалось от номинального более чем на 5%, а снижение напряжения у наиболее удаленного светильника при нормальном режиме не превышало 2,5% от номинального напряжения ламп.

Предварительный выбор основных параметров воздушных линий электропередачи, наиболее приемлемых в условиях строительства, может быть осуществлен при помощи табл. 3.

Таблица 3

Максимальные величины произведения передаваемой мощности в *квт* на расстояние передачи в *км* (PL в *квткм*) для воздушных линий с алюминиевыми проводами при допустимой потере напряжения

Марка (сечение) провода	Напряжение 380 *в*		Напряжение 6 *кв*		Напряжение 10 *кв*	Напряжение 35 *кв*
	PL в *квткм* при $\Delta u\% = 5\%$		PL в *квткм* при $\Delta u\% = 10\%$		PL в *квткм* при $\Delta u\% = 10\%$	PL в *квткм* при $\Delta u\% = 10\%$
	$\cos\varphi = 0{,}7$	$\cos\varphi = 0{,}8$	$\cos\varphi = 0{,}7$	$\cos\varphi = 0{,}9$	$\cos\varphi = 0{,}9$	$\cos\varphi = 0{,}9$
А-16	3,1	3,21	1 525	1 675	4 650	—
А-25	4,45	4,7	2 170	2 470	6 850	82 000
А-35	5,75	6,17	2 810	3 300	9 150	108 000
А-50	7,48	8,18	3 640	4 470	12 400	145 000
А-70	9,30	10,35	4 500	5 820	16 100	186 500
А-95	11,15	12,7	5 370	7 280	20 200	230 000
А-120	12,5	14,36	6 000	8 350	23 200	260 000
А-150	14,2	16,61	6 800	9 820	27 200	300 000

При выборе сечения проводов должны учитываться условия механической прочности и допустимый нагрев проводов (см. табл. 1 и 2 в разделе третьем).

Провода воздушных линий на токи короткого замыкания не проверяются.

II. ПЕРЕДВИЖНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

1. ПЕРЕДВИЖНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С ДВИГАТЕЛЯМИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Передвижная электростанция состоит из силовой установки, генератора переменного тока, возбудителя к нему, контрольно-измерительных и пусковых приборов.

Все составные части монтируются на общей раме, которая в электростанциях, используемых стационарно, устанавливается на фундамент, а в передвижных — на салазки, тележку, прицеп или грузовой автомобиль. Передвижную электростанцию следует устанавливать по возможности горизонтально и в месте, защищенном от солнечных лучей. В качестве силовой установки применяются дизельные, а для электростанций малой мощности — бензиновые двигатели.

Таблица 4

Техническая характеристика электростанций с бензиновыми двигателями

Тип станции	ЖЭС-4	ЖЭС-9	ПЭС-15А/М	ПЭС-14В/М
Мощность в *ква*	4	9	15	14
„ „ *квт*	3,2	7,2	12	10,5
Тип генератора	СГ-4С	СГ-9С	МСА72-4	ЧС-7
Напряжение в *в*	230	230	230	240
Частота тока в *гц*	50	50	50	200
cos φ	0,8	0,8	0,8	0,75
Число оборотов генератора в об/мин	1 500	1 500	1 500	1 500
Тип двигателя	Л-6	Л-12	ГАЗ-МКА	ГАЗ-МКА
Мощность в *л. с.*	6	12	30	30
Удельный расход топлива в *кг/л.с.-ч.*	0,35	0,33	0,31	0,31
Габаритные размеры станции в *мм*:				
длина	1 960	1 825	2 205	2 200
ширина	910	650	770	720
высота	1 400	1 155	1 650	1 650
Вес электростанции в *кг*	400	550	700	800

Таблица 5

Техническая характеристика электростанций с дизельными двигателями

Тип станции	ЖЭС-30	ЖЭС-60	ПЭС-60
Мощность в *ква*	30	60	57
„ „ *квт*	24	45,6	45,6
Тип генератора	СГ-35/6	СГ-60/6	СГ-60/6
Напряжение в *в*	400/230	400/230	400
Частота тока в *гц*	50	50	50
cos φ	0,8	0,8	0,8
Число оборотов генератора в об/мин	1 000	1 000	1 000
Тип двигателя	Д40-Р	КДМ-46	КДМ-46
Мощность в *л. с.*	40	80	80
Удельный расход топлива в *кг квт-ч*	0,4	0,38	0,38
Габаритные размеры станции в *мм*:			
длина	2 510	3 100	3 350
ширина	1 026	1 090	1 060
высота	2 480	2 270	2 165
Вес электростанции в *кг*	3 000	4 000	3 611

Таблица 6

Передвижные дизельные электростанции на автоприцепе

Тип передвижных электростанций	Тип агрегата[1]	Мощность дизеля в *л. с.*	Генератор			Электростанция				
			мощность в *квт*	напряжение в *в*	ток в *а* (трехфазный)	длина в *мм*	ширина в *мм*	высота в *мм*	вес в *кг*	время запуска в мин. не более
ЭДС-20-ВС/230	АД-20-Т/230	40	20	230	63	5 750	1 890	2 230	3 750	40
ЭДС-20-ВС/400	АД-20-Т/400	40	20	400	36	5 750	1 890	2 230	3 750	40
ЭДС-30-ВС/230	АД-30-Т/230	60	30	230	94	6 325	2 300	2 420	5 600	20
ЭДС-30-ВС/400	АД-30-Т/400	60	30	400	54	6 325	2 300	2 420	5 600	20
ЭДС-50-ВС/230	АД-50-Т/230	100	50	230	156	6 200	2 300	2 670	6 200	60
ЭДС-50-ВС/400	АД-50-Т/400	100	50	400	91	6 200	2 300	2 670	6 200	60
ЭДС-75-ВС/230	АД-75-Т/230	150	75	230	236	6 350	2 410	2 830	8 150	60
ЭДС-75-ВС/400	АД-75-Т/400	150	75	400	136	6 350	2 410	2 830	8 150	60

[1] $\cos \varphi = 0{,}8$; частота 50 *гц*; состав: унифицированный дизель-электрический агрегат (двигатель, генератор, распределительное устройство и вспомогательное оборудование), кабельная сеть (шланговый кабель), запасные баки для масла и топлива.

2. ПАРОТУРБИННЫЕ ЭНЕРГОПОЕЗДА

Использование энергопоездов в качестве источника электроснабжения строительных площадок производится в тех случаях, когда нет возможности получить электроэнергию от энергосистемы или ближайшей электрической станции.

На каждом энергопоезде имеется одна турбогенераторная установка, поэтому для бесперебойного электроснабжения стройки одного энергопоезда недостаточно.

Площадка для установки энергопоезда должна быть горизонтальной, обеспеченной источником водоснабжения, находиться вблизи центра нагрузок, не подвергаться затоплению, иметь железнодорожную связь с ближайшей станцией. Преобладающее направление ветров должно быть ориентировано от жилых и производственных зданий к площадке.

Состав персонала энергопоездов колеблется от 70 до 140 человек, в зависимости от его мощности.

В табл. 7 приведены технические данные по энергопоездам типа ЭП-1, мощностью 4 000 *квт*, и типа Ч-2500, мощностью 2 500 *квт*.

Таблица 7

Технические данные по энергопоездам

Наименование показателей	Энергопоезд типа	
	ЭП-1	Ч-2500
Мощность энергопоезда в *квт*	4 000	2 500
Основное оборудование		
Котлы:		
тип	Вертикальный водотрубный	
количество	3	2
паропроизводительность в *т/час*	8,5	8,5
рабочее давление пара в *ати*	38	39
температура перегрева в град.	450	450
Турбогенераторы:		
тип турбины	Конденсационная АК-4-3	Одноцилиндровая конденсационная
число оборотов в мин.	3 000	3 000
Напряжение электрогенератора в *кв*	6,3	6,3
Общее количество вагонов	11	10
В том числе котловых[1]	3	2
Топливо	Уголь	
Расход условного топлива при номинальной нагрузке в *кг/квт-ч*	0,981	0,76
Расход воды (в среднем) в *м³/час*	40—50	50
Размер площадки под установку энергопоезда (включая склад топлива) в *м*	270×75	190×120

[1] Котловые вагоны устанавливаются в тепляке.

III. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ

1. КОЭФФИЦИЕНТ СПРОСА

Расчетная максимальная электрическая нагрузка в *квт* на шинах низкого напряжения трансформаторной подстанции определяется по формуле

$$P_{\text{макс}} = K_{\text{с}} P_{\text{у}} \text{ квт},$$

где $P_{макс}$ — расчетная максимальная нагрузка в *квт*;
$P_у$ — установленная мощность (суммарная номинальная мощность) электроприемников в *квт*;
$K_с$ — коэффициент спроса по мощности.

Коэффициент спроса, определяемый опытным путем, учитывает степень одновременности работы электроприемников, степень их загрузки, к.п.д. электроприемников и электрической сети от потребителя до трансформаторной подстанции $\left(K_с = \frac{K_о K_з}{\eta_д \eta_с}\right)$.

Расчетная максимальная нагрузка в *ква* на трансформаторной подстанции определяется по формуле

$$S_{макс} = \frac{P_{макс}}{\cos\varphi} \text{ квт},$$

где $P_{макс}$ — максимальная нагрузка в *квт*;
$\cos\varphi$ — среднее значение коэффициента мощности для данной группы потребителей.

Средние значения $K_с$ и $\cos\varphi$ для условий строительных организаций (по группам потребителей) приведены в табл. 8.

Таблица 8

Среднее значение коэффициента спроса по мощности $K_с$ и $\cos\varphi$ для некоторых видов нагрузок

Характеристика нагрузок	$K_с$	$\cos\varphi$
Экскаваторы с электроприводом	0,4—0,6	0,5—0,6
Краны башенные и портальные	0,2	0,5
Механизмы непрерывного транспорта	0,5—0,65	0,6—0,75
Электросварочные агрегаты:		
сварочные трансформаторы	0,35	0,4
однопостовые двигатель-генераторы	0,35	0,6
трансформаторы многопостовой сварки	0,7—0,9	0,65
многопостовые двигатель-генераторы и нагреватели заклепок	0,7—0,9	0,75
точечные и шовные машины	0,35	0,6
стыковые машины	0,35	0,7
Насосы, вентиляторы, двигатель-генераторы (кроме сварочных)	0,7	0,8
Трансмиссии	0,6	0,7
Растворные узлы	0,4—0,6	0,5—0,6
Цехи холодной обработки металлов	0,2	0,65
„ горячей „ „	0,27	0,65
Лесорамы	0,65	0,75
Переносные механизмы	0,1	0,45
Электрическое освещение	0,9	1

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММАРНОЙ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ

Суммарная максимальная нагрузка определяется по отдельным периодам строительства по формуле

$$\sum S_{макс} = \frac{P'_у K'_с}{\cos\varphi'} + \frac{P''_у K''_с}{\cos\varphi''} + \cdots + \frac{P^n_у K^n_с}{\cos\varphi''},$$

где $\Sigma S_{макс}$ — суммарная максимальная нагрузка в *ква*;
$P'_у$, $P''_у$ — установленная мощность электроприемников отдельных групп потребителей в *квт*;
$K'_с$, $K''_с$ — коэффициенты спроса соответствующих групп потребителей;
cos φ′, cos φ″ — средние коэффициенты мощности групп потребителей.

IV. КОЭФФИЦИЕНТ МОЩНОСТИ (cos φ) И СПОСОБЫ ЕГО УЛУЧШЕНИЯ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Коэффициентом мощности (cos φ) называется отношение потребляемой активной мощности к полной потребляемой мощности. Величина cos φ определяется величиной потребляемой реактивной мощности. Коэффициент мощности электротехнической установки без применения специальных средств к его повышению носит название естественного. Под общим коэффициентом мощности подразумевается фактически достигнутая величина коэффициента мощности с учетом действия компенсирующих устройств.

Так как низкие величины коэффициента мощности у потребителей наносят существенный ущерб народному хозяйству, то во всех случаях следует принимать меры к максимальному снижению потребляемой реактивной мощности.

2. СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

а) Для расчета с энергосистемой — по счетчикам активной и реактивной энергии (см. гл. VI).

б) Технический (контрольный) учет при отсутствии счетчиков реактивной энергии — при помощи счетчика активной энергии (см. формулы расчета).

в) Повседневный контроль за величиной cos φ — установка фазометров; при отсутствии фазометров — периодические (один раз в смену) подсчеты при помощи амперметра, вольтметра и ваттметра или амперметра, вольтметра и счетчика активной энергии (если колебания нагрузки незначительные).

Коэффициент мощности подсчитывается по формулам

$$\cos\varphi = \frac{P}{\sqrt{3}\,UI};$$

$$\cos\varphi = \frac{W}{\sqrt{3}\,UI_{ср}t},$$

где P — мощность в *квт*;
U — напряжение в *кв*;
I — ток в *а*;

t — отрезок времени в час.;
W — расход активной электроэнергии в *квт-ч* за время t;
$I_{ср}$ — средняя сила тока за время t.

3. СПОСОБЫ УЛУЧШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

1) Мероприятия по улучшению естественного коэффициента мощности

Правильный подбор номинальной мощности асинхронных электродвигателей для привода рабочих машин (мощность двигателя должна соответствовать нагрузке). Коэффициент мощности асинхронных электродвигателей при полной нагрузке достаточно, высок (порядка 0,85), при снижении нагрузки он резко уменьшается. Если средняя нагрузка установленных асинхронных двигателей не превышает 50%, то они подлежат замене двигателями меньшей мощности.

Недопущение работы вхолостую или мало загруженных силовых трансформаторов; перераспределение нагрузки между трансформаторами с целью отключения малозагруженных.

Использование ограничителей холостого хода сварочных трансформаторов.

Улучшение качества ремонта асинхронных двигателей (обмоточные данные и воздушные зазоры не должны отклоняться от их первоначальных значений)

2) Мероприятия по искусственной компенсации сдвига фаз (подлежат проведению в первую очередь на предприятиях и строительных площадках с преобладанием электроприемников, имеющих низкий коэффициент мощности,— сварочные трансформаторы, краны и т. п.).

Установка статических конденсаторов, широко применяемая в электрохозяйствах промышленности и на строительстве (подробнее см. ниже п. 4).

Замена крупных асинхронных электродвигателей на синхронные, которые в режиме перевозбуждения могут работать не только с cos φ, близким к единице, но и отдавать в сеть реактивную мощность (в особенности при снижении нагрузки).

Установка синхронных компенсаторов, представляющих собой работающие вхолостую синхронные двигатели с опережающим cos φ. Так как синхронные компенсаторы изготовляются только в крупных единицах — 1 000 *ква* и выше, то в условиях строительных площадок установка синхронных компенсаторов может иметь место только в очень крупных электрохозяйствах.

4. ПОВЫШЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ С ПОМОЩЬЮ СТАТИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ

Технические данные косинусных бумажно-масляных конденсаторов для повышения коэффициента мощности — статических конденсаторов — приведены в табл. 11.

Реактивная мощность батареи статических конденсаторов, необходимая для повышения коэффициента мощности электроустановки от естественного $\cos\varphi_1$ до значения $\cos\varphi_2$, определяется по формуле

$$Q = P_{ср}(\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2),$$

где Q — мощность батареи конденсаторов в *квар;*

$P_{ср}$ — средняя нагрузка электроустановки за смену в *квт;*

tg φ_1, tg φ_2 — величины тангенсов, соответствующие значениям cos φ_1 и cos φ_2.

Вместо формулы мощность батареи конденсаторов можно определять по табл. 10.

Таблица 10

Удельная реактивная мощность K в *квар/квт*

cos φ_1 \ cos φ_2	0,8	0,85	0,9	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,97	1
0,4	1,54	1,67	1,81	1,84	1,87	1,9	1,93	1,97	2	2,3
0,45	1,23	1,37	1,5	1,53	1,56	1,59	1,62	1,66	1,74	1,99
0,5	0,98	1,11	1,25	1,28	1,3	1,34	1,37	1,4	1,48	1,73
0,55	0,77	0,9	1,03	1,06	1,09	1,12	1,15	1,19	1,27	1,52
0,6	0,59	0,71	0,85	0,88	0,9	0,94	0,97	1	1,08	1,33
0,65	0,41	0,55	0,68	0,71	0,74	0,77	0,8	0,84	0,92	1,17
0,7	0,27	0,4	0,54	0,57	0,6	0,63	0,66	0,69	0,77	1
0,75	0,13	0,26	0,4	0,43	0,46	0,49	0,52	0,55	0,63	0,88

Примечание. Рекомендуется преимущественно устанавливать конденсаторы низкого напряжения непосредственно у электроприемников.

Мощность батареи

$$Q = P_{ср}K,$$

где K — удельная реактивная мощность, необходимая для повышения cos φ_1 до значения cos φ_2, в *квар/квт.*

Таблица 11

Технические данные косинусных бумажно-масляных конденсаторов для повышения коэффициента мощности

Тип конденсатора	Число фаз[1]	Номинальное напряжение в *в*	Емкость в *мкф*	Мощность в *квар*	Габаритные размеры в *мм*			Вес 1 шт. в *кг*
					основание	высота		
						с изоляторами	без изоляторов	
КМ-0,23-3-3	3	230	223	3,7	380·110	425	355	23
КМ-0,23-5-3	3	230	301	5	380·110	425	355	23
КМ-0,23-18-3	3	230	1 120	18	531·183	905	815	125
КМ-0,40-5-2	3	400	110	5,5	380·110	425	355	23
КМ-0,40-7-3	3	400	140	7	380·110	425	355	23
КМ-0,40-9-3	3	400	180	9	380·110	425	355	23
КМ-0,40-36-3	3	400	726	36	531·183	905	815	125
КМ-0,525-7-3	3	525	85	7,3	380·110	425	355	23
КМ-0,525-9-3	3	525	105	9	380·110	425	355	23
КМ-0,525-45-3	3	525	525	45	531·183	905	815	125
КМ-1,05-9-1	1	1 050	26	9	380·110	455	355	23
КМ-3,15-10-1	1	3 150	3,22	10	380·110	455	355	23
КМ-6,3-10-1	1	6 300	0,803	10	380·110	490	355	23
КМ-10,5-10-1	1	10 500	0,291	10	380·110	520	355	25

[1] Однофазные конденсаторы соединяются в батареи: в каждой фазе параллельно, фазы — в треугольник. Трехфазные конденсаторы соединены в треугольник внутри корпуса.

Соотношение между емкостью конденсатора и его реактивной мощностью

$$Q = 0{,}001\omega CU^2,$$

где Q — реактивная мощность в *квар*;
ω — угловая скорость — $2\pi f$ (при частоте 50 *гц* равная 314);
C — емкость в *мкф*;
U — напряжение в *кв*.

Напряжение на конденсаторах при длительной работе не должно превышать 105% его номинального значения. При напряжении выше 110% номинального, а также при непрерывной работе сверх 4 *час.* при напряжении 106—110% номинального конденсаторы должны отключаться от сети.

V. ВЫБОР СЕЧЕНИЙ ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ

1. ОБЩИЙ ПОРЯДОК ВЫБОРА СЕЧЕНИЙ

Сечение проводников выбирается: 1) по экономической плотности тока; 2) по нагреву рабочим током (по допустимой длительной токовой нагрузке) в соответствии с плавкими вставками предохранителей или уставками автоматов, защищающих отдельные элементы сети; 3) по наименьшему допустимому значению с точки зрения механической прочности.

Принимается наибольшее сечение, полученное по трем из этих условий. Выбранное сечение проверяется по допустимой потере напряжения в нормальном и аварийном режимах.

1) Выбор сечения проводников по экономической плотности тока

Производится по формуле

$$q = \frac{I}{j},$$

где q — сечение проводника в *мм*^{2};
I — ток нагрузки в *а*;
j — экономическая плотность тока в *а/мм*^{2} (табл. 12).

Таблица 12

Предельная экономическая плотность тока

Наименование проводников	Предельная экономическая плотность тока в *а/мм*^{2} при продолжительности использования максимума нагрузки в час.		
	свыше 1 000 до 3 000	свыше 3 000 до 5 000	свыше 5 000 до 8 700
Голые провода и шины:			
медные	2,5	2,1	1,8
алюминиевые	1,3	1,1	1
Кабели с бумажной и провода с резиновой изоляцией и жилами:			
медными	3	2,5	2
алюминиевыми	1,6	1,4	1,2
Кабели с резиновой изоляцией и медными жилами	3,5	3,1	2,7

Полученное сечение должно округляться до ближайшего стандартного сечения.

В соответствии с ПУЭ проверке по экономической плотности тока не подлежат: сети промышленных предприятий и сооружений напряжением до 1 000 *в* при числе часов использования максимума нагрузки до 4 000—5 000 час.; все ответвления к отдельным электроприемникам напряжением до 1 000 *в*, а также осветительные сети, проверенные по потере напряжения; сети временных сооружений, а также устройств с малым сроком службы (3—5 лет); сборные шины.

2) Выбор сечения проводников по нагреву (по допустимой токовой нагрузке) и координация их с плавкими вставками предохранителей или токовыми уставками автоматов

Расчетный ток нагрузки определяется для отдельных электроприемников в трехфазной цепи по формуле

$$I_{\text{р}} = K_{\text{с}} \frac{P_{\text{н}} \cdot 1\,000}{\sqrt{3}\, U_{\text{н}} \cos\varphi},$$

где $P_{\text{н}}$ — номинальная мощность электроприемника в *квт*;
$U_{\text{н}}$ — номинальное напряжение в *в*;
$\cos\varphi$ — коэффициент мощности;
$K_{\text{с}}$ — коэффициент спроса.

Для группы электроприемников, питающихся по одной магистрали, расчетный ток магистрали равен сумме номинальных токов всех электроприемников, умноженной на коэффициент спроса (по току). Пиковый ток магистрали равен расчетному току плюс пусковой ток наибольшего из электродвигателей, подключенных к магистрали.

Плавкая вставка предохранителя или уставка автомата выбирается по расчетному и пиковому токам магистрали.

Ток плавкой вставки определяется из выражений

$$I_{\text{в}} \geqslant I_{\text{р}}; \quad I_{\text{в}} \geqslant \frac{I_{\text{п}}}{2{,}5},$$

где $I_{\text{в}}$ — ток плавкой вставки в *а*;
$I_{\text{р}}$ — расчетный ток в *а*;
$I_{\text{п}}$ — пиковый ток.

В соответствии с полученными данными по табл. 13 и 14 выбирают плавкую вставку на ближайший бо́льший ток. По току плавкой вставки находят наименьшее допускаемое по условиям защиты плавкой вставкой сечение проводника.

Ток уставки автомата определяется из выражения $I_{\text{а}} > I_{\text{п}}$.

Минимальное сечение проводника, исходя из условий нагрева его расчетным нагрузочным током, выбирается по таблицам допустимых токовых нагрузок (см. табл. 18—24 и 37 в разделе третьем). При этом должно быть соблюдено условие:

$$I_{\text{доп}} \geqslant I_{\text{р}},$$

Таблица 18

Номинальные токи плавких вставок и токи уставок автоматов в силовых сетях [изолированные провода и кабели с медными (в числителе) и алюминиевыми (в знаменателе) жилами]

Номинальный ток плавкой вставки в *а*	Ток уставки автомата в *а*	Провода с резиновой или винилитовой изоляцией, проложенные открыто. Ответвления и магистрали	Провода и кабели с резиновой или винилитовой изоляцией и медными жилами, проложенные открыто						Провода с резиновой или винилитовой изоляцией в трубе		Кабели с бумажной изоляцией, проложенные открыто	
			одножильные		двухжильные		трехжильные		два, три или четыре одножильных или один трехжильный		один трехжильный	
			ответвления	магистрали	ответвления	магистрали	ответвления	магистрали	ответвления	магистрали	ответвления	магистрали
			Наименьшее сечение жилы в *мм*^{2}									
20	30	1/4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1/4	1/4	1,5/6	1,5/6
25	38	1,5/4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1/4	1,5/4	1,5/6	1,5/6
35	53	2,5/4	1,5	1,5	1,5	2,5	1,5	2,5	1/4	2,5/4	1,5/6	2,5/6
60	90	4/6	1,5	4	1,5	4	1,5	4	1,5/4	4/10	1,5/6	4/6
80	120	10/16	2,5	6	2,5	10	2,5	10	2,5/4	10/16	2,5/6	10/16
100	150	16/25	4	10	4	16	4	16	4/10	16/25	4/6	16/25
125	187	16/25	6	16	6	16	6	16	6/16	16/25	6/10	16/25
160	240	25/35	10	25	10	25	10	25	10/16	25/35	10/16	25/35
200	300	35/50	10	25	16	35	16	35	16/25	35/50	16/25	35/50
225	338	50/70	16	35	16	50	16	50	16/25	50/70	16/25	50/70
260	390	70/95	16	50	25	70	25	70	25/35	70/95	25/35	70/95
300	450	70/120	25	50	25	70	25	95	25/35	70/120	25/35	70/120
350	525	95/150	25	70	35	95	35	120	35/50	95/150	25/50	95/120
430	645	120/185	35	95	50	120	50	150	50/70	120/185	50/70	120/150

Таблица 14

Номинальные токи плавких вставок и токи уставок автоматов в осветительных [сетях изолированные провода и кабели с медными (в числителе) и алюминиевыми (в знаменателе) жилами]

Номинальный ток плавкой вставки в *а*	Ток уставки автомата в *а*	Провода с резиновой или винилитовой изоляцией, проложенные открыто	Провода и кабели с резиновой или винилитовой изоляцией и медными жилами, проложенные открыто			Провода с резиновой или винилитовой изоляцией в трубе	Кабели с бумажной изоляцией, проложенные открыто	
			одножильные	двухжильные	трехжильные	два, три или четыре одножильных	один двухжильный	один трех- или четырехжильный
		наименьшее сечение жилы в *мм²*						
15	22	1/4	1,5	1,5	1,5	1/4	1,5	1,5/1,5
20	30	1,5/4	1,5	1,5	2,5	2,5/4	1,5	1,5/2,5
25	38	2,5/4	2,5	2,5	4	2,5/4	1,5	2,5/4
35	53	4/6	4	4	6	4/10	2,5	4/6
60	90	10/16	10	10	16	10/16	6	10/16
80	120	16/25	16	16	25	16/25	10	16/25
100	150	25/25	16	25	35	25/35	16	25/35
125	187	35/35	25	35	50	35/50	25	35/50
160	240	35/50	35	50	70	50/70	35	50/70
200	300	50/70	50	70	95	70/95	50	50/95**
225	338	70/95	70	95	120	95/120*	70	95/120**
260	390	95/120	95	120	150	120	95	120
300	450	95/150	95	150	—	150	120	150
350	525	120/185	120	185	—	—	150	185

Примечания: 1. Цифра 120 со звездочкой дана только для двух или трех проводов. 2. Цифры 95 и 120 с двумя звездочками относятся только к трехжильным кабелям.

где $I_{доп}$ — допустимый ток для данного сечения провода в *а*;

$I_р$ — расчетный ток в *а*.

Минимальное сечение, полученное из табл. 13 и 14, сопоставляется с сечением, найденным по таблицам допустимых токовых нагрузок. Принимается большее значение.

Для обеспечения селективности защиты необходимо, чтобы отношение между токами плавких вставок (уставок автоматов), установленных последовательно, было не менее 1,4.

Выбранное сечение должно быть проверено также по условиям механической прочности (табл. 39, раздел третий).

2. ПРОВЕРКА ВЫБРАННОГО СЕЧЕНИЯ ПО ПОТЕРЕ НАПРЯЖЕНИЯ

1) Допустимые величины потери напряжения в сетях

Выбранное сечение проверяется путем сопоставления допустимой потери напряжения с расчетной.

Для силовых сетей (напряжением до 1 000 *в*) допустимая потеря напряжения составляет 5% от источника питания до токоприемников. Допустимая потеря напряжения в осветительной сети приведена в табл. 15.

Допустимая потеря напряжения в % в осветительной сети[1]

Таблица 15

Мощность трансформатора в *ква*	Трансформатор питает			
	бытовую нагрузку	смешанную нагрузку (сила + бытовая) при коэффициенте мощности		
		0,9	0,8	0,7
10—20	4,5	3	2,5	2,5
30	5			
50—100		3,5	3	
180	5,5			3
320				
560 и более	6	4	3,5	

[1] В силовых сетях допускается потеря напряжения от источника питания до токоприемников не более 5%.

2) Расчет медных и алюминиевых проводов на потерю напряжения (производится по приводимым ниже формулам)

а) Воздушные трехфазные линии, нагруженные равномерно по фазам:

$$\Delta U = \sqrt{3}\, IL\,(r\cos\varphi + x\sin\varphi);$$

$$\Delta U\% = \frac{1{,}73IL}{10U}\,(r\cos\varphi + x\sin\varphi);$$

$$\Delta U\% = \frac{r\cos\varphi + x\sin\varphi}{10U^2\cos\varphi}\,PL,$$

где ΔU — потеря напряжения в *в*;
$\Delta U\%$ — потеря напряжения в %;
I — сила тока в *а*;
U — напряжение в *кв*;
P — передаваемая мощность в *квт*;
L — длина линии передачи в *км*;
r — активное сопротивление одного провода в *ом/км*;
x — индуктивное сопротивление одного провода в *ом/км*.

б) Внутрицеховые проводки кабельные линии, воздушные линии с неиндуктивной нагрузкой (освещение)

$$\Delta U = \sqrt{3}\, ILr\cos\varphi;$$

$$\Delta U\% = \frac{r \cdot 10^5}{U^2} PL;$$

$$q = \frac{\rho \cdot 100}{U^2 \Delta U\%} PL;$$

$$\Delta U\% = \frac{\rho \cdot 100}{U^2 q} PL,$$

где ΔU — потеря напряжения в *в*;
$\Delta U\%$ — потеря напряжения в %;
I — сила тока в *а*;
U — напряжение в *в*;
L — длина линии в *м*;
P — передаваемая нагрузка в *квт*;
ρ — удельное сопротивление в *ом мм²/м*, равное: для алюминиевых проводов 0,029 и для медных 0,0175;
q — сечение провода в *мм²*.

Таблица 16

Основные параметры проводов воздушных линий

Марка провода	Алюминиевые				Марка провода	Медные			
	активное сопротивление r в *ом/км*	индуктивное сопротивление x в *ом/км* при напряжении в *кв*				активное сопротивление r в *ом/км*	индуктивное сопротивление x в *ом/км* при напряжении в *кв*		
		35	2—10	0,22—0,38			35	2—10	0,22—0,38
А-16	1,96	—	0,398	0,376	М-10	1,84	—	0,422	0,4
А-25	1,27	0,467	0,385	0,363	М-16	1,2	—	0,398	0,376
А-35	0,91	0,456	0,374	0,352	М-25	0,74	0,467	0,385	0,363
А-50	0,63	0,444	0,363	0,341	М-35	0,54	0,456	0,374	0,352
А-70	0,45	0,431	0,349	0,327	М-50	0,39	0,444	0,363	0,341
А-95	0,33	0,421	0,339	0,317	М-70	0,28	0,431	0,349	0,327
А-120	0,27	0,414	0,332	0,31	—	—	—	—	—
А 150	0,21	0,406	0,324	0,302	—	—	—	—	—

При подстановке в приведенные выше формулы (для внутрицеховых проводок) соответствующих числовых величин получаются следующие простые расчетные формулы:
для трехфазных линий

$$\begin{cases} \Delta U\% = C \dfrac{PL}{q}; \\ q = C \dfrac{PL}{\Delta U\%}; \end{cases}$$

для однофазных линий

$$\begin{cases} \Delta U\% = K \dfrac{PL}{q}; \\ q = K \dfrac{PL}{\Delta U\%}, \end{cases}$$

где C и K — расчетные коэффициенты (табл. 17).

Таблица 17

Расчетные коэффициенты *C* и *K*

	Коэффициент *C*			Коэффициент *K*	
	Напряжение в *в*				
	380	220	120	220	120
Для медных проводов	0,012	0,036	0,12	0,072	0,24
„ алюминиевых „	0,02	0,06	0,2	0,12	0,4

3) Воздушные линии трехфазного тока со стальными проводами

Расчет стальных проводов воздушных линий трехфазного тока производится подбором по формуле

$$\Delta U\% = \frac{\varepsilon L \cdot 100}{U},$$

где U — напряжение в *в*;
L — длина линии в *км*;
ε — потеря напряжения в *в* на 1 *км* длины трехфазной линии для принятого сечения провода, взятая из табл. 18 и 19;
$\Delta U\%$ — потеря напряжения в линии в %.

Потеря напряжения ε в *в* на 1 *км* воздушной линии

Сила тока в *а*	Диаметр катанки в *мм*								
	4			5			6		
	cos φ								
	0,7	0,8	0,9	0,7	0,8	0,9	0,7	0,8	0,9
2	92,4	95	95,5	—	—	—	—	—	—
4	219	225	227	155	159	157	—	—	—
6	330	340	342	250	258	259	200	200	207
8	420	432	463	330	341	344	263	276	277
10	503	518	519	409	422	424	322	332	334
20	852	876	880	707	770	732	571	594	595
25	965	995	998	844	870	871	694	715	719
30	—	—	—	1 032	1 065	1 068	811	838	837
40	—	—	—	—	—	—	1 052	1 080	1 085

Для предварительного подбора сечения стальных проводов рекомендуется принимать плотность тока, равную 0,5 *а/мм*^{2}.

VI. УЧЕТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И СИСТЕМА ЕЕ ОПЛАТЫ

1. УЧЕТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ПРИМЕНЯЕМЫЕ СЧЕТЧИКИ

1) Все счетчики подлежат обязательной государственной поверке и клеймению органами Комитета по делам мер и измерительных приборов, а также периодическим проверкам на месте. Сроки государствен-

ной поверки: для счетчиков номинальной мощности выше 5 *квт* — один раз в 2 года, номинальной мощности до 5 *квт* (в том числе и бытовых) — один раз в 5 лет. Периодическим проверкам на месте (или в местных лабораториях) счетчики подлежат соответственно — не менее одного раза в год и не менее двух-трех раз в 5 лет. Типы счетчиков, применяемых для учета электроэнергии, приведены в табл. 20.

2) Расчетные счетчики активной электроэнергии (для денежного расчета с энергосистемой) на промышленных предприятиях должны устанавливаться:

а) на вводе (приемном конце) ЛЭП в подстанцию потребителя;

б) на стороне высшего напряжения трансформаторов подстанции предприятия при питании от нее электроприемников других потребителей;

в) на стороне низшего напряжения силовых трансформаторов, если последние на стороне высшего напряжения присоединены через выключатели нагрузки или разъединители и плавкие предохранители;

г) на шинах подстанций потребителей, если от одного трансформатора питаются электроприемники нескольких потребителей с самостоятельным расчетом за электроэнергию по линиям вторичного напряжения трансформаторов.

3) Расчетные счетчики реактивной энергии должны устанавливаться у промышленных потребителей при расчете с ними по двухставочному тарифу (при наличии присоединенной мощности трансформаторов 50 *ква* и более):

Таблица 18

выполненной стальными однопроволочными проводами

Диаметр телеграфной проволоки в *мм*								
4			5			6		
cos φ								
0,7	0,8	0,9	0,7	0,8	0,9	0,7	0,8	0,9
42	44,5	46,4	29,7	31	31,5	28,3	29	29
118,5	121	120	94	95	92,8	80,5	80,5	78
216	217	223	185	186	181	149	148,5	143
319	320	312	284	284	274	211	210	203
336	403	393	330	334	325	271,5	270	259
—	—	—	575	579	559	519	518	496
—	—	—	—	—	—	663	620	595
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—

а) в тех же элементах схемы, как и счетчики активной электроэнергии, по которым происходит расчет с энергоснабжающей организацией;

б) на присоединениях батарей статических конденсаторов 100 *квар* и более, синхронных компенсаторов и синхронных электродвигателей, если потребление или отдача ими реактивной энергии учитываются при расчете с предприятием по коэффициенту мощности.

4) Каждый расчетный счетчик должен иметь на винтах, крепящих кожух счетчика, пломбы с клеймом госповерителя, а на зажимной крышке — пломбу энергоснабжающей организации. На устанавливаемых расчетных счетчиках должны быть пломбы государственной поверки с давностью не более 12 месяцев.

Таблица 19

Потеря напряжения ε в *в* на 1 *км* воздушной линии, выполненной стальными многопроволочными проводами

Сила тока в *а*	Марка проводов																			
	ПС-35				ПС-50				ПС-70				ПС-95				ПС-120			
	cos φ																			
	1	0,9	0,8	0,7	1	0,9	0,8	0,7	1	0,9	0,8	0,7	1	0,9	0,8	0,7	1	0,9	0,8	0,7
10	71,5	71	68,5	64,8	52,5	51,7	47,5	46,4	33,7	33,8	32,5	30,6	28,5	22,4	27,5	26,1	21,6	21	21	20,1
15	111	111	109,5	103,5	81	78,2	77,5	73,6	51,5	51,5	50	47,5	43,4	43,1	42,1	40,2	32,8	32,9	32,46	31
20	154,5	154	151,5	145	111	110,5	104,5	102,5	70	70	67,8	66	58,4	58,5	57,4	54,3	44,4	44,2	43,6	42
25	200	200	197	191	143	143	140	133	89,5	89,5	87	85	73,8	73,5	72,2	68,9	55,6	55,5	55	53
30	250	244	247	238	177	175	174	166	110	110	109	103,5	89,2	89	88	85	67,4	66,9	66,5	64,4
40	362	360	360	354	249	249	246	236	115	152	156	149	121	120	119,5	115	89,5	80	89,4	86,5
50	470	468	466	453	339	338	336	322	205,5	205	205	199	153	152,5	151,5	146,5	112,5	112,5	112,5	109
60	565	570	564	548	415	415	413	397	262	260	262	256	186	186,5	185	179	137	136	136	132
70	658	655	654	653	495	494	493	471	319	316	320	309	220	219	219	213	160	160	160	155
80	735	730	732	715	564	564	559	535	385	373	375	372	256	255	255	246	183	183	183	178
90	—	—	—	—	626	625	624	597	430	425	425	424	298	294	294	288	209	207	208	203
100	—	—	—	—	690	690	685	660	460	474	480	475	337	335	335	326	232	230	231	225
120	—	—	—	—	—	—	—	—	569	560	570	563	425	418	423	420	235	230	231	227
140	—	—	—	—	—	—	—	—	650	637	645	632	425	418	423	420	235	230	231	227
160	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	425	418	423	420	240	230	231	227
180	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	425	418	423	420	241	230	231	227

5) Счетчики, предназначенные для включения через измерительные трансформаторы, должны принадлежать по действующему ГОСТу к классам точности 1 и 2 для учета активной электроэнергии и к классам точности 2 и 2,5 — для учета реактивной энергии.

6) Расчетные счетчики должны присоединяться к обмоткам класса точности 0,5 измерительных трансформаторов. Для технического учета допускается применение трансформаторов тока класса точности 1.

7) Для проверки лимитов расхода электроэнергии участками, цехами, отдельными агрегатами и машинами, а также для определения удельных норм на единицу продукции или полуфабриката рекомендуется устанавливать контрольные счетчики.

8) Присоединение токовых обмоток счетчиков к вторичным обмоткам трансформаторов тока следует производить совместно с электроизмерительными приборами и устройствами защиты. При этом должна быть предусмотрена возможность пломбирования цепей расчетного счетчика для избежания нарушения цепей учета.

Раздельное присоединение расчетных счетчиков допустимо лишь в случаях, когда совместное их присоединение приводит к превышению погрешностей, допускаемых для трансформаторов тока класса 0,5. В этом случае рекомендуется группировать счетчики с электроизмерительными приборами и отдельно устройства защиты.

9) Счетчики должны размещаться в легко доступных для обслуживания сухих помещениях, в достаточно свободном и нестесненном для работы месте с температурой в зимнее время не ниже 0. Счетчики не разрешается устанавливать в помещениях, где по производственным условиям температура может часто превышать +40°, а также на открытом воздухе.

Допускается размещение счетчиков в неотапливаемых помещениях. При этом на зимнее время должно быть произведено их утепление посредством утепляющих шкафов, колпаков с подогревом воздуха внутри их электрической лампой или нагревательным элементом для обеспечения внутри колпака положительной температуры, но не выше +20°. Требования об утеплении счетчиков не распространяются на специальные трехфазные счетчики, предназначенные для работы при температуре окружающего воздуха от — 15 до +25°.

10) Счетчики должны устанавливаться на панелях, щитах, в нишах, на стенах, имеющих достаточно жесткую конструкцию. Допускается крепление счетчиков на деревянных, пластмассовых или металлических щитках.

Высота от пола до коробки зажимов счетчика должна быть в пределах 1,4—1,7 *м*.

11) Для безопасной установки и замены счетчиков в сетях напряжением до 380 *в* должна предусматриваться возможность отключения подходящей к счетчику проводки путем установки до счетчика на расстоянии не более 10 *м* рубильника или пакетного выключателя, пробочных предохранителей, автоматов. Снятие напряжения должно предусматриваться со всех фаз, присоединяемых к счетчику.

2. СИСТЕМА ОПЛАТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Оплата электрической энергии, получаемой от районных энергоуправлений (энергокомбинатов, электростанций) советов народного хозяйства, производится по единой тарифной системе, утвержденной правительственными постановлениями. Для каждой энергосистемы

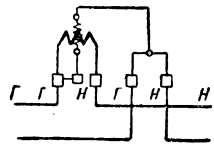


Рис. 3. Схема включения счетчика СО2 в сеть

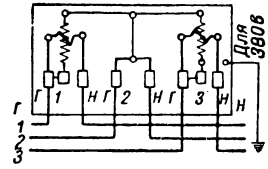


Рис. 4. Схема непосредственного включения счетчика активной энергии типа СА3

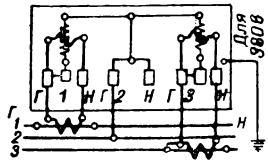


Рис. 5. Схема включения счетчика активной энергии типа СА3 или СА3У с трансформаторами тока

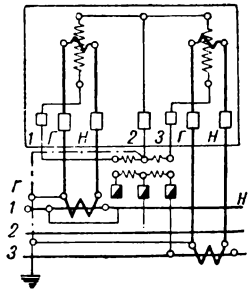


Рис. 6. Схема включения счетчика активной энергии типа СА3 или СА3У с трансформаторами тока и напряжения

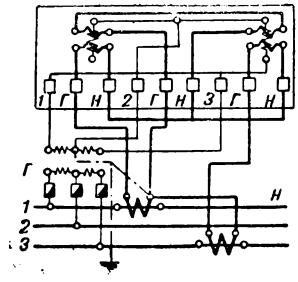


Рис. 7. Схема включения счетчика реактивной энергии типа СР3 или СР3У с трансформаторами тока и напряжения

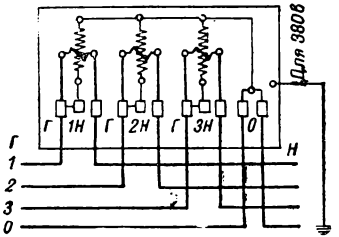


Рис. 8. Схема непосредственного включения счетчика активной энергии типа СА4

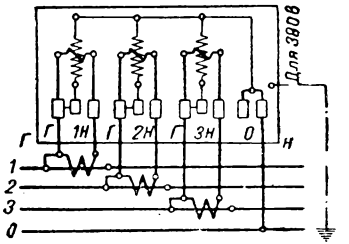


Рис. 9. Схема включения счетчика активной энергии типа СА4 или СА4У с трансформаторами тока

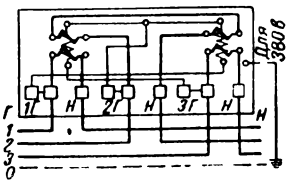


Рис. 10. Схема непосредственного включения счетчика реактивной энергии типа СР4

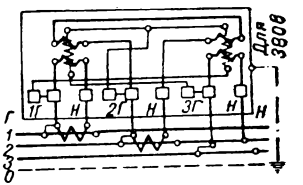


Рис. 11. Схема включения счетчика реактивной энергии типа СР4 или СР4У с трансформаторами тока

Таблица 20

Типы электрических счетчиков для учета активной и реактивной энергии в цепях переменного тока

Тип	Заводское обозначение	Наименование	Назначение	Номинальный ток в *а*	Номинальное напряжение в *в*	Схема присоединения
СО2	СО	Счетчик однофазный для учета активной энергии	Непосредственного включения	5, 10	127, 220, 380	См. рис. 3
СА3	ИТ	Счетчик трехфазный для учета активной энергии в трехпроводных сетях	То же	5, 10, 20	127, 220, 380	См. рис. 4
			Трансформаторный для включения с трансформаторами тока	Первичный: 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400 Вторичный 5	127, 220, 380	См. рис. 5

Продолжение табл. 20

Тип	Заводское обозначение	Наименование	Назначение	Номинальный ток в *а*	Номинальное напряжение в *в*	Схема присоединения
СА3	ИТ	Счетчик трехфазный для учета активной энергии в трехпроводных сетях	Трансформаторный для включения с трансформаторами тока и напряжения	Первичный: 5, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600 Вторичный 5	Первичное: 380, 500, 3 000, 6 000, 10 000, 35 000 Вторичное 100	См. рис. 6
СА3У	ИТ	Счетчик трехфазный для учета активной энергии в трехпроводных сетях (универсальный)	Трансформаторный универсальный для включения с трансформаторами тока, имеющими любые коэффициенты трансформации	5	127, 220, 380	См. рис. 5
			Трансформаторный универсальный для включения с трансформаторами тока и напряжения, имеющими любые коэффициенты трансформации	5	100	См. рис. 6

Продолжение табл. 20

Тип	Заводское обозначение	Наименование	Назначение	Номинальный ток в *а*	Номинальное напряжение в *в*	Схема присоединения
СРЗ	ИТР	Счетчик трехфазный для учета реактивной энергии в трехпроводных сетях	Трансформаторный для включения с трансформаторами тока и напряжения	Первичный: 5, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600 Вторичный 5	Первичное: 380, 500, 3 000, 6 000, 10 000, 35 000 Вторичное 100	См. рис. 7
СРЗУ	ИТР	Счетчик трехфазный для учета реактивной энергии в трехпроводных сетях (универсальный)	Трансформаторный универсальный для включения с трансформаторами тока и напряжения, имеющими любые коэффициенты трансформации	5	100	См. рис. 7

Продолжение табл. 20

Тип	Заводское обозначение	Наименование	Назначение	Номинальный ток в *а*	Номинальное напряжение в *в*	Схема присоединения
СА4	Т4	Счетчик трехфазный для учета активной энергии в четырехпроводных сетях	Непосредственного включения	5, 10	220, 380	См. рис. 8
			Трансформаторный для включения с трансформаторами тока	Первичный: 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600 Вторичный 5	220, 380	См. рис. 9

Продолжение табл. 20

Тип	Заводское обозначение	Наименование	Назначение	Номинальный ток в *а*	Номинальное напряжение в *в*	Схема присоединения
СА4У	Т4	Счетчик трехфазный для учета активной энергии в четырехпроводных сетях (универсальный)	Трансформаторный универсальный для включения с трансформаторами тока, имеющими любые коэффициенты трансформации	5	220, 380	См. рис. 9
СР4	ИТР	Счетчик трехфазный для учета реактивной энергии в четырехпроводных сетях	Непосредственного включения	10, 20	220, 380	См. рис. 10

Продолжение табл. 20

Тип	Заводское обозначение	Наименование	Назначение	Номинальный ток в *а*	Номинальное напряжение в *в*	Схема присоединения
СР4	ИТР	Счетчик трехфазный для учета реактивной энергии в четырехпроводных сетях	Трансформаторный для включения с трансформаторами тока	Первичный: 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600 Вторичный 5	220, 380	См. рис. 11
СР4У	ИТР	Счетчик трехфазный для учета реактивной энергии в четырехпроводных сетях (универсальный)	Трансформаторный универсальный для включения с трансформаторами тока, имеющими любые коэффициенты трансформации	5	220, 380	См. рис. 11

(энергокомбината) утверждаются свои тарифные ставки. Общими для всех энергосистем являются лишь тарифы для оплаты электроэнергии, отпускаемой для целей освещения. Основой тарифной системы являются так называемые двухставочные тарифы.

1) Двухставочные тарифы

Двухставочные тарифы установлены: для промышленных и приравненных к ним потребителей с присоединенной мощностью трансформаторов или электродвигателей 50 *ква* и выше и для городов-перепродавцов электрической энергии с максимальной нагрузкой 1 000 *квт* и выше.

Двухставочный тариф состоит: из основной платы, уплачиваемой вне зависимости от количества потребленной энергии за суммарную присоединенную мощность трансформаторов и электродвигателей высокого напряжения или за максимальную нагрузку при максимуме не ниже 1 000 *квт*; из дополнительной платы за каждый отпущенный *квт-ч* активной энергии, учтенной счетчиком.

По двухставочному тарифу оплачивается электроэнергия, расходуемая на производственные нужды, а также на освещение производственных помещений и наружной территории предприятий. За оплачиваемую мощность трансформаторов принимается суммарная мощность трансформаторов (в *ква*), преобразующих электроэнергию на рабочее, т. е. непосредственно питающее электроприемники, напряжение вне зависимости от места их установки. Оплачиваемая мощность электродвигателей высокого напряжения определяется в *ква*. За мощность резервных (запломбированных) трансформаторов и двигателей и за мощность оборудования, используемого исключительно для целей компенсации коэффициента мощности, основная плата не взимается.

Двухставочные тарифы заставляют потребителей (путем экономического воздействия) лучше и полнее использовать свое оборудование. Чем выше число часов использования максимальной нагрузки, тем ниже средняя стоимость 1 *квт-ч* электроэнергии.

2) Одноставочные тарифы

Одноставочные тарифы установлены: для потребителей с электродвигателями и другими электроприемниками с общей присоединенной мощностью до 50 *ква*; для электрифицированного транспорта и городского электрического транспорта; для городов-перепродавцов электрической энергии с максимальной нагрузкой до 1 000 *квт*; для колхозов, совхозов, РТС и других сельскохозяйственных потребителей; для контор и отделений Главсельэлектро.

Для указанных выше потребителей установлена (для каждой энергосистемы в отдельности) определенная плата за 1 *квт-ч* учтенной счетчиком активной энергии.

Стройки и предприятия строительных организаций в отдельных случаях могут быть присоединены к сетям такого рода и, следовательно, оплачивать электроэнергию по одноставочному тарифу.

На электроэнергию, отпускаемую для целей освещения, установлены единые для всех энергосистем тарифы. Ставки этих тарифов различаются по группам потребителей. Всего установлено семь групп,

По наименьшим тарифным ставкам оплачивается электроэнергия, отпускаемая для освещения рабочих поселков, квартир и жилых домов; по наиболее высоким ставкам — для освещения торговых помещений, зрелищных предприятий и т. п.

3) Шкала скидок и надбавок к тарифу на электроэнергию за коэффициент мощности электроустановок

Шкала скидок и надбавок за коэффициент мощности электроустановок применяется к промышленным предприятиям с присоединенной мощностью трансформаторов (электродвигателей) 100 *ква* и более, получающим электроэнергию от электростанций совнархозов, в том числе через сети коммунального хозяйства, и оплачивающим ее по двухставочным тарифам.

При оплате электроэнергии по двухставочному тарифу скидки и надбавки исчисляются как с основной, так и с дополнительной платы за электроэнергию.

Шкала скидок и надбавок не распространяется на расчеты за электроэнергию с оптовыми потребителями (городами-перепродавцами и конторами Главсельэлектро).

Размер скидок и надбавок за достигнутый потребителем средневзвешенный коэффициент мощности определяется по шкале в зависимости от его величины.

Определение величины средневзвешенного коэффициента мощности производится на границе раздела электросети организации, снабжающей электроэнергией, и потребителя на основании показаний счетчиков активной и реактивной энергии по формуле

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{W_{\text{р}}}{W_{\text{а}}},$$

где $W_{\text{р}}$ — расход реактивной энергии за определенное время в *квар-ч*;

$W_{\text{а}}$ — расход активной энергии за то же время в *квт-ч*.

По величине tg φ с помощью обычных справочных таблиц (см. табл. 21) определяется коэффициент мощности (cos φ).

Таблица 21

Величины tg φ и cos φ

tg φ	0,14	0,2	0,25	0,3	0,36	0,42	0,49	0,62	0,7	0,75
cos φ	0,99	0,98	0,97	0,96	0,94	0,92	0,9	0,85	0,82	0,8
tg φ	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2
cos φ	0,78	0,74	0,71	0,67	0,64	0,61	0,56	0,53	0,49	0,45

Установка на предприятиях компенсирующего оборудования (статических конденсаторов, синхронных компенсаторов и т. д.) производится только с разрешения энергосистемы.

Энергосистема вправе устанавливать отдельным предприятиям пониженную величину коэффициента мощности в пределах 0,8—0,9, если использованы все возможности для увеличения коэффициента мощности за счет рационализации электрохозяйства.

Таблица 22

Шкала скидок и надбавок к тарифу на электроэнергию за коэффициент мощности

Величина средневзвешенного коэффициента мощности (за 1 месяц)	Размер скидки с тарифа в %	Размер надбавки к тарифу в %	Величина средневзвешенного коэффициента мощности (за 1 месяц)	Размер скидки с тарифа в %	Размер надбавки к тарифу в %
1	6	—	0,71	—	22
0,95	6	—	0,7	—	25
0,94	4	—	0,69	—	28
0,93	2	—	0,68	—	31
0,92	—	—	0,67	—	34
0,9	—	—	0,66	—	37
0,89	—	1,5	0,65	—	40
0,88	—	2	0,64	—	43
0,87	—	2,5	0,63	—	46
0,86	—	3	0,62	—	49
0,85	—	3,5	0,61	—	52
0,84	—	4	0,6	—	55
0,83	—	4,5	0,59	—	58
0,82	—	5	0,58	—	61
0,81	—	5,5	0,57	—	64
0,8	—	7	0,56	—	67
0,79	—	8,5	0,55	—	70
0,78	—	10	0,54	—	73
0,77	—	11,5	0,53	—	76
0,76	—	13	0,52	—	79
0,75	—	14,5	0,51	—	82
0,74	—	16	0,5	—	85
0,73	—	17,5	0,45	—	100
0,72	—	19	0,4	—	115

VII. НОРМЫ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Ниже приведены ориентировочные средние нормы расхода электроэнергии на производство строительно-монтажных работ и выпуск продукции производственными предприятиями строительных организаций.

1. ПРОИЗВОДСТВО СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ

На 1 млн. стоимости строительно-монтажных работ расход электроэнергии на строительной площадке при среднем уровне механизации следует принимать равным 30—40 тыс. *квт-ч*.

2. НОРМЫ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ВЫПУСК ПРОДУКЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Таблица 23

Средние нормы расхода электроэнергии*

Наименование продукции	Единица измерения	Удельный расход электроэнергии в *квт-ч* на единицу продукции	
		кварталы:	
		I и IV	II и III
Производство красного кирпича (без учета расхода энергии на добычу и транспортировку глины до завода)	тыс. шт.	58—75	48—64**
Производство шлакоблоков	тыс. шт. условного кирпича	17—18	14—15**
Производство щебня, включая добычу камня	$м^3$	9—10	8—9,5**
Производство пиломатериалов	"	9—10	8—9**
Производство железобетонных конструкций и изделий:			
на заводах производительностью до 15 тыс. $м^3/год$	"	29	26
на новых механизированных заводах производительностью порядка 20 тыс. $м^3/год$	"	62	56
на полигонах и на маломеханизированных заводах	"	18	14
Производство бетона и раствора	"	4,3	3,9
Производство силикатного кирпича	тыс. шт.	21	17
Обжиг извести	*т*	7	6
Производство строительного гипса (размол и обжиг)	"	18	16
Производство арматуры	"	23	20
Добыча песка и гравия в карьерах электроэкскаваторами	$м^3$	6,3	3,8
В том числе:			
а) вскрыша грунта	"	0,8	0,6
б) разработка гравиесмеси	"	0,8	0,6
в) обогащение гравия	"	3,8	2
г) погрузка в железнодорожные вагоны	"	0,9	0,6
Добыча бутового камня	"	5	4,2
Производство армопенобетонных плит с запаркой	"	18,6	15,8
Производство пенобетона с запаркой	"	16	14
Производство местных вяжущих	"	40	38
Столярные изделия	$м^2$	3,1	2,7
Сушка пиломатериалов	$м^3$	3,2	2,8
Производство металлоконструкций в мастерских	тыс. руб.	102	92

* В нормы удельных расходов электроэнергии включены расходы электроэнергии на отопление и вентиляцию, освещение соответствующих производственных помещений, внутризаводской транспорт, наружное освещение и потери в сетях.

** Большие цифры относятся к более механизированным предприятиям и к более суровому климату, меньшие—к менее механизированным предприятиям и к южным районам.

Основные типы электроизмерительных приборов

Таблица 24

Наименование	Тип	Класс точности	Пределы измерения	Габариты в *мм*	Вес в *кг*
Щитовые приборы					
Амперметр электромагнитный переменного тока	Э-30	1,5	Для непосредственного включения—от 1 до 200 *а*, при включении через трансформаторы тока—до 10 *ка*	160×160×94	1,5
Вольтметр электромагнитный переменного тока	Э-30	1,5	Для непосредственного включения—от 15 до 600 *в*, при включении через трансформаторы напряжения—до 42 *кв*	160×160×94	1,5
Амперметр магнитоэлектрический постоянного тока	М-340	1,5	От 1 *ма* до 50 *а* и с наружным шунтом от 75 *а* до 6 *ка*	160×160×94	2
Вольтметр магнитоэлектрический постоянного тока	М-340	1,5	От 3 до 600 *в* и с отдельным добавочным сопротивлением от 1 до 3 *кв*	160×160×94	2
Амперметр магнитоэлектрический малогабаритный постоянного тока	М-2	2,5	От 1 *ма* до 10 *а* и с наружным шунтом от 20 до 100 *а*	83×83×53	0,33
Вольтметр магнитоэлектрический малогабаритный постоянного тока	М-2	1,5	От 3 до 300 *в* и с отдельным добавочным сопротивлением от 460 до 3 000 *в*	83×83×53	0,33
Ваттметр активной и реактивной мощности, переключающийся	Д-343	—	От 1 до 3,5 *квт* и через измерительные трансформаторы тока и напряжения до 100 *мгвт*	160×160×100	2
Фазометр трехфазный ферродинамический	Д-320	—	0,5е — 1 — 0,5и	186×186×120	3
	Д-342	—	0,9е — 1 — 0,2и		
Частотомер ферродинамический с добавочным сопротивлением	Д-340	—	45 — 55 *гц*	160×160×100	2
	Р-340	—	—	228×103×122	2
Синхроноскоп ферродинамический	Д-430	—	127 и 220 *в*	186×186×120	3
Синхроноскоп электромагнитный	Э-32	—	70—120 *в*	160×160×100	1,5

Продолжение табл. 24

Наименование	Тип	Класс точности	Пределы измерения	Габариты в *мм*	Вес в *кг*
Лабораторные и технические приборы (переносные)					
Комплект[1] электроизмерительных приборов (КИП), поставляемый в чемодане, в который входят	—	—	—	670×390×160	15
а) амперметр электромагнитный астатический двухпредельный	АСТ-А	0,5	От 2,5 до 600 *а* переменного тока От 2,5 до 5 *а* постоянного тока	— —	— —
б) вольтметр электромагнитный астатический двухпредельный	АСТ-В	0,5	От 150 до 600 *в* постоянного и переменного тока	—	—
в) ваттметр электродинамический астатический	АСТ-Д	0,5	От 0,75 до 360 *квт* переменного тока От 0,75 до 3 *квт* постоянного тока	—	—
г) универсальный трансформатор тока	УТТ-5	0,2	Первичный ток от 15 до 600 *а*	—	—
д) добавочное сопротивление к вольтметру	ДВ	—	—	—	—
е) добавочное сопротивление к ваттметру	ДВТ	—	—	—	—
Универсальный трансформатор напряжения	УТН-1	0,2	—	—	—
Амперметр электромагнитный переменного тока	ЭП-1	1,5	От 1 до 10 *а*	150×150×92	2
Вольтметр электромагнитный переменного тока	ЭП-1	1,5	„ 15 „ 600 *в*	150×150×92	2
Амперметр магнитоэлектрический постоянного тока многопредельный	М-45	1	От 0,15 *ма* до 150 *а*	123×113×52	0,7
Вольтметр магнитоэлектрический постоянного тока многопредельный .	М-45	1	От 7,5 *мв* до 450 *в*	123×113×52	0,7
Вольтамперметр магнитоэлектрический постоянного и переменного тока многопредельный	Ц-312	1,5	„ 7,5 „ „ 600 „ От 3 *ма* до 6 *а*	180×120×70	1,2

[1] Перечисленные в комплекте приборы могут быть получены также в отдельности.

Продолжение табл. 24

Наименование	Тип	Класс точности	Пределы измерения	Габариты в *мм*	Вес в *кг*
Ампервольтомметр магнитоэлектрический постоянного тока	М-493	2,5	От 3 *ма* до 3 *а*; от 3 до 600 *в* От 30 до 300 *килоом*	220×132×100	2
Милливольт-миллиамперметр магнитоэлектрический постоянного тока	М-82	0,5	От 15 до 500 *мв* От 0,15 до 50 *ма*	300×200×117	4,5
Мегомметр магнитоэлектрический переносный на рабочее напряжение 500 и 1000 *в*	М-1101		От 100 до 1 000 *мгом*	198×129×164	3,5
Ваттметр трехфазный электродинамический	Д-521	1	До 1 300 *вт*	192×232×117	2,5
Фазоуказатель для определения последовательности фаз в сетях трехфазного тока	ФУ-2	—	Для напряжения от 50 до 500 *в*	100×74 ×36	—
Фазометр трехфазный электродинамический	Д-510	—	0,9е—1—0,2и; 0,5е—1—0,5и; 0,9е—1—0,5и	320×235×175	6
Микрофарадометр электродинамический	Д-524	1	От 1 до 10 *мкф*	235×320×175	7
Люксметр фотоэлектрический для измерения освещенностей	Ю-16	—	Основные 25, 100 и 500 *лк*, дополнительные 2 500, 10 000 и 50 000 *лк*	200×195×80	1,5
Прибор для измерения сопротивления заземляющей проводки	МЗ-13	—	От 0,1 до 50 *ом*	195×140×80	1,6
Гальванометр вибрационный	ВГ	—	Нулевой прибор	310×160×127	3
Аккумуляторный пробник для проверки аккумуляторных батарей. В комплект входит сопротивление для проверки батареи под нагрузкой	АП	—	—	295×195×90	2,3
Клещи измерительные	Ц-30	2,5	От 15 до 600 *а*, рабочее напряжение 600 *в*	390×125×80	

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ И ИХ ЭКСПЛУАТАЦИЯ

I. ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ (ВЛ)

1. ВЛ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1 000 *в*

1) Провода

Таблица 1

Допустимые длительные токовые нагрузки в *а* на голые провода на открытом воздухе

Марка провода	Допускаемая нагрузка в *а*	Марка провода	Допускаемая нагрузка в *а*	Марка провода	Допускаемая нагрузка в *а*
Алюминиевые провода				Стальные провода	
А-10	75	АС-16	105	ПС-25	60
А-16	105	АС-25	135	ПС-35	75
А-25	135	АС-35	170	ПС-50	90
А-35	170	АС-50	220	ПС-70	125
А-50	215	АС-70	275	ПС-95	140
А-70	265	АС-95	335	ПСО-3	23
А-95	325	АС-120	380	ПСО-3,5	26
А-120	375	АС-150	445	ПСО-4	30
А-150	440	АС-185	515	ПСО-5	35
А-185	500				

Примечание. Нагрузки определены исходя из максимально допускаемого нагрева проводов до 70° и температуры окружающего воздуха +25°.

Таблица 2

Наименьшие допускаемые сечения многопроволочных проводов для ВЛ класса II

Материал проводов	Условия прохождения линии	
	населенная местность и пересечения	ненаселенная местность
Медь и сталь	25	10
Стале-алюминий	16	16
Алюминий и его сплавы	35	25

Примечания. 1. Для ВЛ, проходящих по ненаселенной местности, допускается применение также и однопроволочных проводов: медных сечением 10 и 16 *мм*² и стальных сечением 10—28 *мм*² (диаметром 3,5—6 *мм*).

2. Выпуск медных голых проводов для линий электропередачи прекращен с 1 июля 1960 г.

Совместная подвеска на опорах цепей ВЛ различных напряжений

Цепи ВЛ более высокого напряжения должны располагаться выше цепей низшего напряжения или по другую сторону опоры. Расстояния между цепями ВЛ разных напряжений должны приниматься в соответствии с требованиями для ВЛ более высокого напряжения.

Таблица 3

Штыревые и подвесные изоляторы для воздушных линий напряжением 6—35 *кв*

Тип изолятора	Сухоразрядное напряжение	Мокроразрядное напряжение	Пробивное напряжение	Разрушающее усилие при изгибе в *кг* не менее
	в *кв*			
ШЛ-6	38	28	65	1 400
ШС-6	50	28	65	1 400
ШС-10	60	34	78	1 400
ШД-35	120	80	156	3 000
ПМ-4,5*	75	45	115	6 000**

* Подвесной изолятор; в поддерживающей гирлянде 35 *кв* на железобетонных опорах — три изолятора; на деревянных — два изолятора.

** Электромеханическая разрушающая нагрузка.

2) Опоры

Для ВЛ могут применяться опоры железобетонные (рис. 1, 2), деревянные (рис. 3) и деревянные с железобетонными пасынками.

Железобетонные конструкции опор должны удовлетворять условиям трещиноустойчивости.

Для изготовления деревянных опор ВЛ следует применять сосну и лиственницу; допускается применение ели и пихты (кроме траверс и пасынков) при условии снижения величины допускаемого напряжения на 10% для ели и 20% — для пихты. Конусность бревна от комля к верхнему отрубу нормально должна быть не более 8 *мм* на 1 *м* длины. Сопряжения элементов опор рекомендуется выполнять без врубок. Деревянные опоры должны быть пропитаны антисептиком.

Диаметр бревен в верхнем отрубе для опор воздушных линий II класса допускается в размере не меньше:

для основных элементов опор (стойки, пасынки, траверсы) 16 *см*

для вспомогательных элементов . . . . . 14 »

Засыпка грунта после установки опор должна производиться в несколько слоев с тщательной трамбовкой каждого слоя.

3) Габариты ВЛ

Таблица 4

Наименьшие расстояния от проводов ВЛ до поверхности земли

Условия работы ВЛ	Характеристика местности	Наименьшие расстояния в *м* при напряжении ВЛ в *кв*	
		до 20	35
При нормальном режиме	Населенная местность	7	7
	Ненаселенная „ . . .	6	6
	Труднодоступная „	4,5	5
	Недоступные склоны гор, скалы, утесы	2,5	3
При обрыве провода в соседнем пролете	Населенная местность	4	4

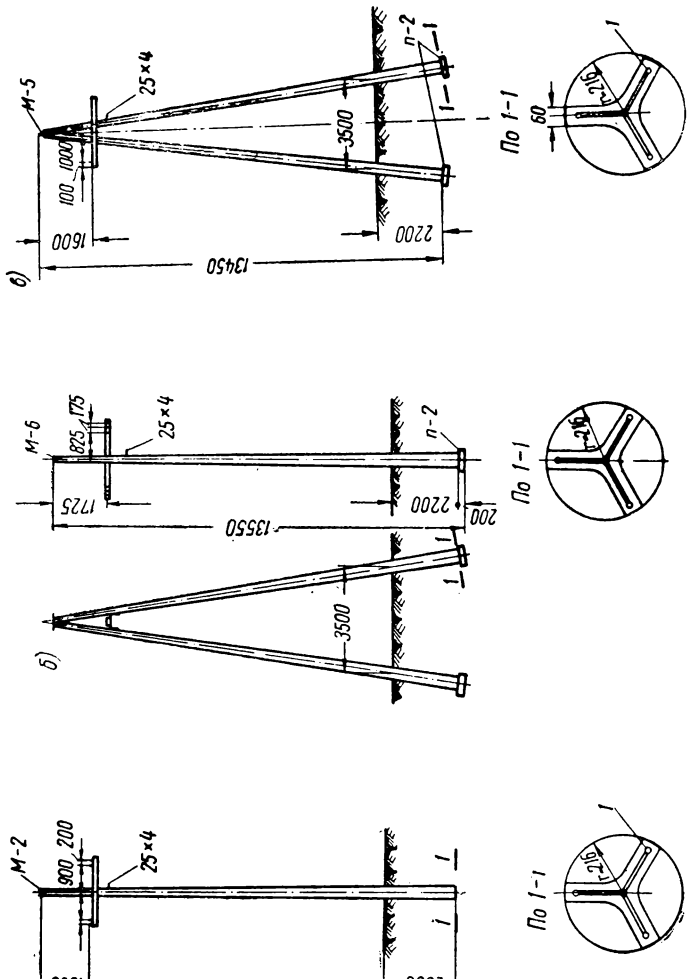
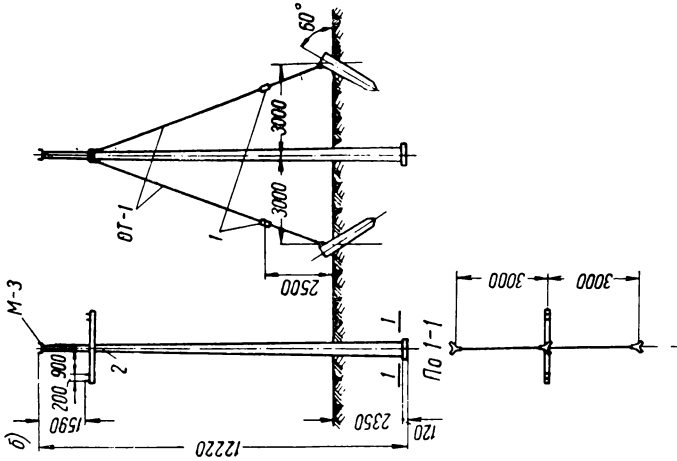
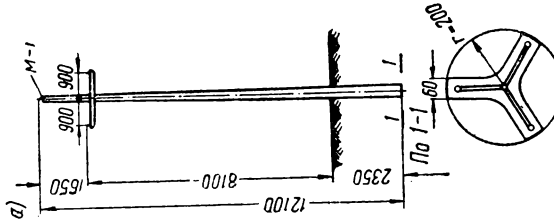


Рис. 1. Железобетонные опоры для ВЛ напряжением 6—10 *кв* для населенной местности
а—промежуточная, *б*—анкерная концевая; *в*—угловая промежуточная


60°
3000
3000
2500
ОТ-1
1
М-3
2
900
200
1590
2350
120
12220
1
1
По 1-1
3000
3000
б)


М-1
900
900
1650
8100
2350
12100
1
1
По 1-1
60
200
а)

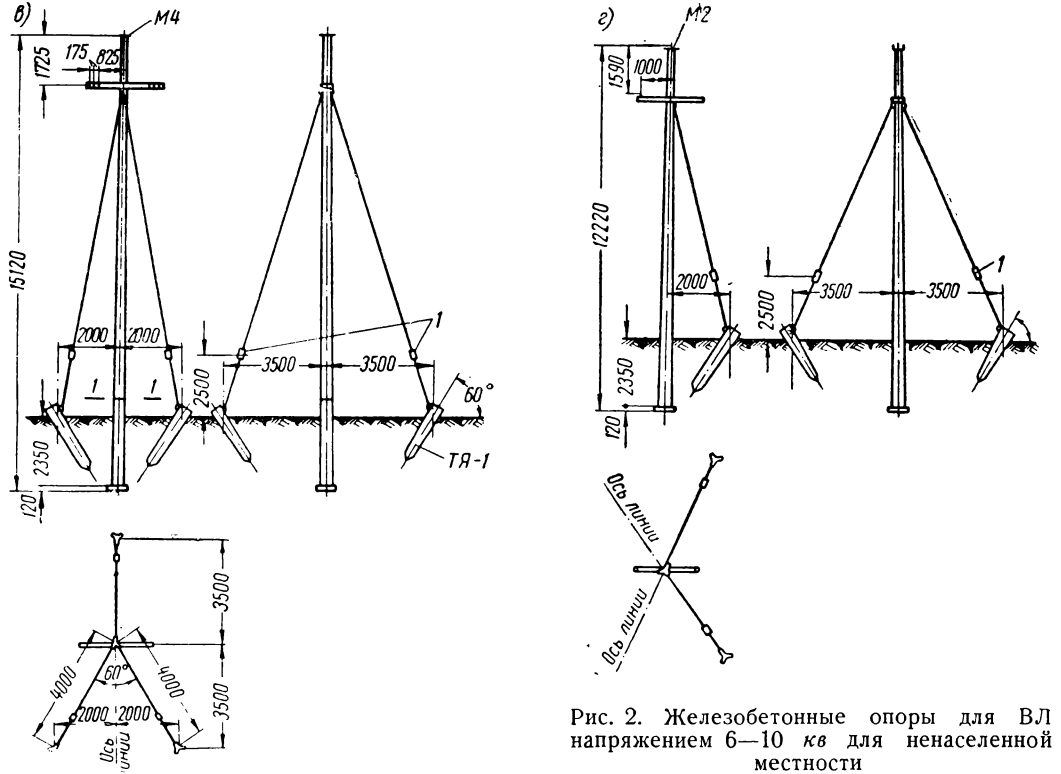


Рис. 2. Железобетонные опоры для ВЛ напряжением 6—10 *кв* для ненаселенной местности

а—промежуточная; *б*—анкерная; *в*—анкерная для переходов; *г*—угловая промежуточная; *1*—натяжная муфта; *2*—анкер

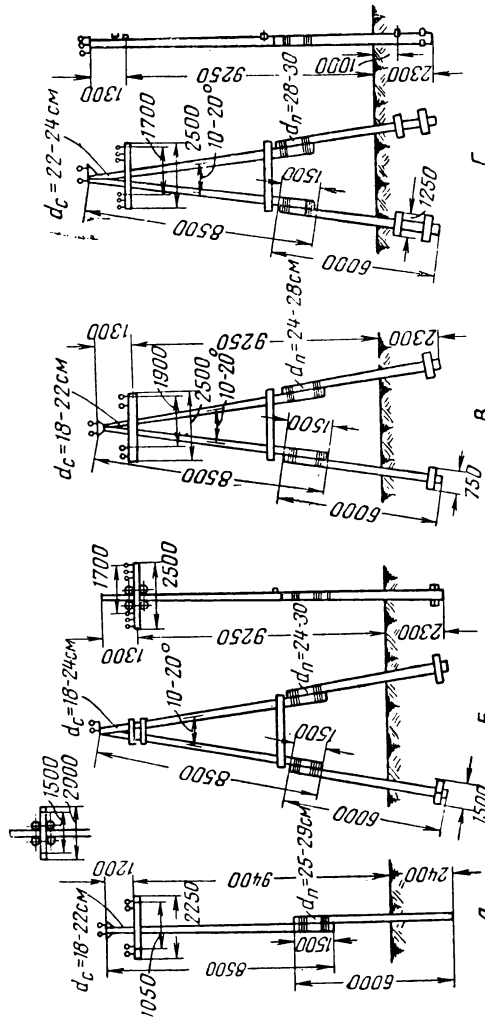


Рис. 3. Деревянные опоры для ВЛ напряжением 6—10 кв

А—промежуточная; *Б*—анкерная концевая; *В*—угловая промежуточная; *Г*—угловая анкерная

Основные характеристики деревянных опор (к рис. 3)

Размеры угловой промежуточной опоры					Размеры концевой опоры					Размеры угловой анкерной опоры для проводов марки А95		
угол поворота в град.	марка провода	угол разноса ног в градусах при размерах леса			марка провода	угол разноса ног в градусах при размерах леса				угол поворота в град.	угол разноса ног в градусах при размерах леса	
		$d_с=18$; $d_п=24$	$d_с=20$; $d_п=26$	$d_с=22$; $d_п=28$		$d_с=18$; $d_п=24$	$d_с=20$; $d_п=26$	$d_с=22$; $d_п=28$	$d_с=24$; $d_п=30$		$d_с=22$; $d_п=28$	$d_с=24$; $d_п=30$
90	А25	—	16	10	А25	10	—	—	—	90	20	15
	А35	—	20	16	А35	12	10	—	—	60	16	—
	А50	—	—	20	А50	20	12	10	—	30	12	10
	М16	—	20	16	А70	—	20	12	—			
60	А35	16	12	10	А95	—	—	16	12			
	А50	—	16	10	А120	—	—	20	16			
	А70	—	20	16	М16	16	10	—	—			
	М16	20	16	10								
	М25	—	20	16	М25	—	16	10	—			
30	А50	12	10	—	М35	—	20	16	—			
	А70	16	12	10	М50	—	—	20	16			
	А95	16	10	—	Ж35	—	—	20	16			
	А120	20	16	—								
	М16	10	—	—								
	М25	16	10	—								
	М35	20	16	10								
	М50	—	20	16								
	Ж35	–	20	16								

Таблица 5

Расстояния при пересечениях и сближениях при наибольшей стреле провеса

Нормируемые расстояния	Расстояние в *м* для ВЛ напряжением в *кв*	
	до 20	35
От крайних проводов ВЛ, при их наибольшем отклонении до ближайших выступающих частей зданий и сооружений	2	4
То же, в ненаселенной местности	10	15
От провода до полотна автомобильной дороги	7	7
От основания опоры до полотна автомобильной дороги	25	25
При пересечении с троллейбусной линией:		
до высшей отметки проезжей части	11	11
„ проводов или несущих тросов контактной сети	3	3
При пересечении с трамвайной линией:		
до головки рельса	9,3	9,3
„ проводов или контактной сети	3	3
От провода до головки рельса:		
железных дорог широкой колеи общего и необщего пользования и железных дорог узкой колеи общего пользования	7,5	7,5
железных дорог узкой колеи необщего пользования	6	7,5
От провода до габарита приближения строений	1,5	2,5

Таблица 6

Расстояния между проводами пересекающихся ВЛ

Длина пролета пересечений ВЛ в *м*	Наименьшие расстояния от места пересечения до ближайшей опоры ВЛ в *м*					
	30	50	70	100	120	150
	При пересечении ВЛ 110—20 *кв* между собой и с ВЛ более низкого напряжения					
До 200	3	3	3	4	—	—
300	3	3	4	4,5	5	—
	При пересечении ВЛ 10 *кв* между собой и с ВЛ более низких напряжений					
До 100	2	2	—	—	—	—
150	2	2,5	2,5	—	—	—

Примечание. Применение одностоечных деревянных опор для пересекающейся ВЛ (верхней) запрещается.

При параллельном следовании ВЛ расстояния между их осями должны быть не менее высоты наиболее высокой опоры.

Таблица 7

Наименьшие расстояния по вертикали от проводов ВЛ до проводов линий связи и сигнализации при пересечениях

Напряжение ВЛ в *кв*	Наименьшие расстояния в *м*	
	при наличии на ВЛ грозозащитных устройств	при отсутствии на ВЛ грозозащитных устройств
До 10 включительно	2	4
20	3	4
35	3	5

Таблица 8

Ширина просек, вырубаемых для ВЛ

Высота леса или насаждений в *м*	Ширина просек
Не выше 4	$Д + 6$ *м*
Выше 4	$Д + 2H$*

* $Д$ — расстояние между крайними проводами ВЛ; H — высота лесного массива.

Примечание. В парках, заповедниках, лесах, зеленых зонах вокруг населенных пунктов, лесозащитных полосах и т. п. ширина просек устанавливается по согласованию с организациями, в ведении которых находятся насаждения.

4) Заземления на ВЛ[1]

Заземлению подлежат: а) железобетонные и металлические опоры ВЛ напряжением 35 *кв* в сетях с малыми токами замыкания на землю (при напряжениях ВЛ 3—20 *кв* такие опоры заземляются только в населенных местностях); б) детали для крепления изоляторов к траверсам и металлические траверсы железобетонных опор; в) железобетонные, металлические и деревянные опоры всех типов ВЛ всех напряжений, на которых установлены устройства грозозащиты или подвешен трос.

Сечение заземляющих спусков на опорах ВЛ должно быть не менее 25 *мм*^{2}.

Таблица 9

Сопротивления заземляющих устройств и опор ВЛ

Удельное сопротивление земли в *ом см*	Сопротивление заземляющего устройства в *ом*
До 10^4	До 10
Более 10^4 до $5 \cdot 10^4$	„ 15
„ $5 \cdot 10^4$ до $10 \cdot 10^4$	„ 25
„ $10 \cdot 10^4$	„ 30

2. ВЛ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 000 *в*

1) Провода

Таблица 10

Допустимые сечения (диаметры) проводов ВЛ

Материал проводов	Конструкция проводов	
	однопроволочные и многопроволочные	однопроволочные
	Допустимые сечения	
	минимальные	максимальные
Медь	6 *мм*^{2}	16 *мм*^{2}
Сталь	∅ 3 *мм*	∅ 5 *мм*
Биметалл	∅ 3 „	∅ 6,5 „
Алюминий и его сплавы	16 *мм*^{2}	

Примечание. Применение расплетенных проводов запрещается.

[1] См. также раздел V, глава I.

Таблица 11

Наименьшие допускаемые сечения (диаметры) проводов и ответвлений от ВЛ к вводам в здания

Материал	Минимальные сечения (диаметры)	
	при пролетах до 10 *м*	при пролетах более 10 до 25 *м*
Медь	2,5 *мм²*	4 *мм²*
Сталь	∅ 3 *мм*	∅ 3 *мм*
Биметалл	∅ 3 „	∅ 3 „
Алюминий и его сплавы	6 *мм²*	10 *мм²*

Таблица 12

Порядок подвески проводов на опорах

Подвеска проводов	Правила подвески
Разных марок	Провода, имеющие бо́льшую стрелу провеса, располагаются ниже проводов с меньшей стрелой провеса
Нулевых	Подвешиваются ниже фазных на изоляторах такого же типа, как и для фазных проводов
Наружного освещения совместно с проводами сети общего пользования	Подвешиваются ниже нулевых проводов
ВЛ напряжением до 1 000 *в* совместно с проводами ВЛ напряжением 6—10 *кв*	Подвеска разрешается в исключительных случаях, причем вертикальное расстояние между точками подвеса должно быть не менее 1,5 *м*
ВЛ напряжением до 1 000 *в* совместно с проводами трансляционных сетей	Подвеска допускается как исключение на опорах линий напряжением не выше 380/220 *в* при вертикальном расстоянии между точками подвеса не менее 1,5 *м*

Примечание. Устанавливаемые на опорах плавкие предохранители должны размещаться ниже проводов.

Таблица 13

Наименьшие расстояния между проводами на опорах

Район гололедности	Длина пролета в *м*	Расстояние между проводами в *см*	
		вертикальные	горизонтальные
I и II	До 30	40	20
	Свыше 30	40	30
III и IV	—	60	40

Горизонтальное расстояние между проводами при спусках на опоре должно быть не менее 15 *см*, а расстояние от поверхности опоры, траверсы до провода — не менее 5 *см*.

2) Опоры

Для ВЛ могут применяться опоры железобетонные (рис. 4), деревянные с железобетонными пасынками (рис. 5) и деревянные (рис. 6).

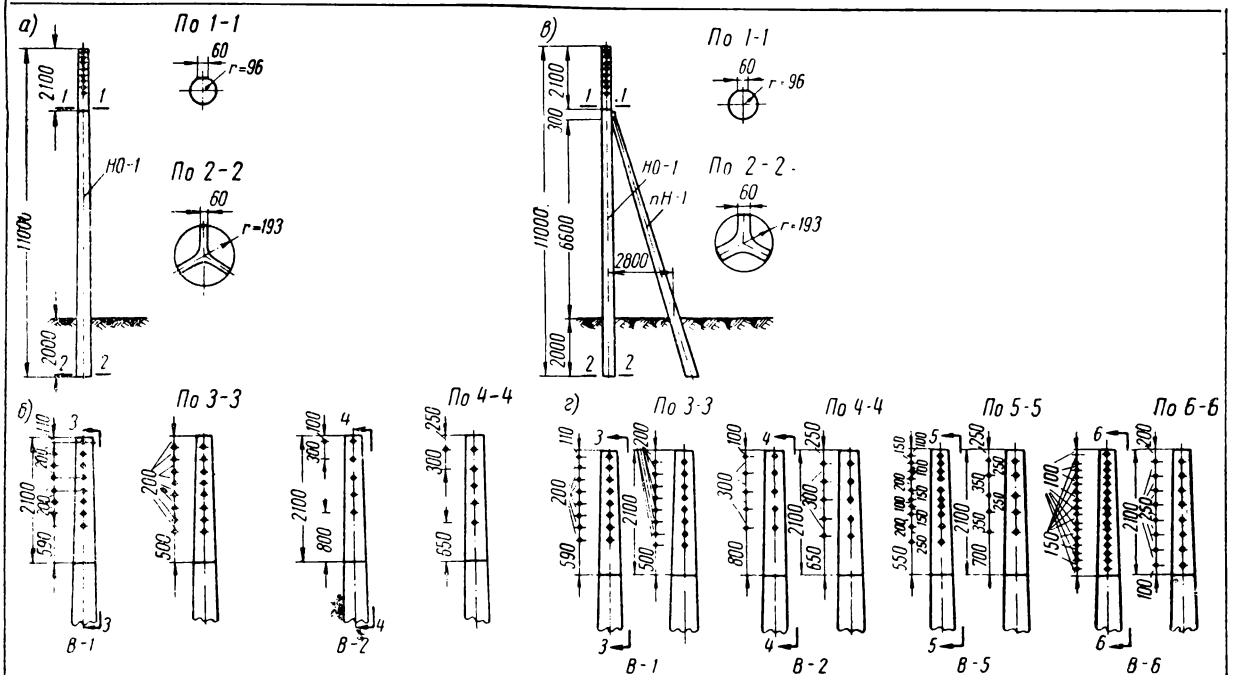


Рис. 4. Железобетонные опоры ВЛ напряжением до 1 *кв*

а—промежуточная; *б*—расположение отверстий для установки крюков на опоре; *в*—концевая и угловая; *г*—расположение отверстий для установки крюков на опорах

Для изготовления деревянных опор ВЛ следует применять сосну, а также другие породы дерева (с соответствующим изменением допустимых напряжений) из леса III и II сортов. Бревна должны быть пропитаны антисептиком. Конусность бревна от комля к верхнему отрубу должна быть не более 8 *мм* на 1 *пог. м*. Диаметр бревна для опоры в верхнем отрубе должен быть не менее 15 *см* при одностоечных опорах и 14 *см* — при двойных или А-образных опорах. Для вспомогательных элементов опор, а также дополнительных опор, устанавливаемых на ответвлениях к зданиям, диаметр бревна в верхнем отрубе должен быть не менее 12 *см*.

В табл. 15 приведены размеры заглубления промежуточных опор.

Таблица 14

Размеры заглубления промежуточных опор

Характеристика грунта	При общем максимальном сечении проводов на опоре в *мм*²	Размеры заглубления опор при полной высоте опоры от поверхности земли в *м*			
		до 8,5	11—12	до 8,5	11—12
		при разработке грунта ручным способом		при разработке грунта механизированным способом (автобуром)	
Суглинки, супеси и глины, насыщенные водой,—при расчетном напряжении на грунт 1 *кг/см*²	150	1,8	2,15	1,6	1,75
	300	2,3	2,5	1,8	2
	500	2,7	2,9	2	2,3
Глины, супески и суглинки естественной влажности, лесс сухой, песок мокрый мелкий—при расчетном напряжении на грунт 1,5—2 *кг/см*²	150	1,5	1,8	1,4	1,5
	300	1,9	2,2	1,6	1,8
	500	2,3	2,5	1,8	2,1
Глина плотная, глина с галькой и валунами, галька с песком, шебень, скальный грунт—при расчетном напряжении на грунт 2,5 *кг/см*²	150	1,35	1,6	1,2	1,3
	300	1,7	2	1,4	1,6
	500	2,1	2,2	1,6	1,9

Примечания. 1. Размеры заглубления анкерных опор должны увеличиваться на 5%, а для концевых и угловых опор—на 20% по сравнению с приведенными в таблице.

2. При установке опор на затапливаемых участках трассы, где возможны размывы грунта, опоры должны быть укреплены.

Таблица 15

Допускаемые приближения проводов ВЛ к поверхности земли

Характеристика района	Допускаемое приближение в *м*
Населенная местность	6
Ненаселенная „	5
Труднодоступная „	4
Недоступные склоны гор, скал, утесы	1

Примечание. При пересечении улиц ответвлениями от ВЛ к вводам в здания расстояния от проводов до тротуаров и пешеходных дорожек допускается снизить по сравнению с приведенными в таблице данными до 3,5 *м*. При невозможности соблюдения указанного расстояния устанавливается дополнительная опора.

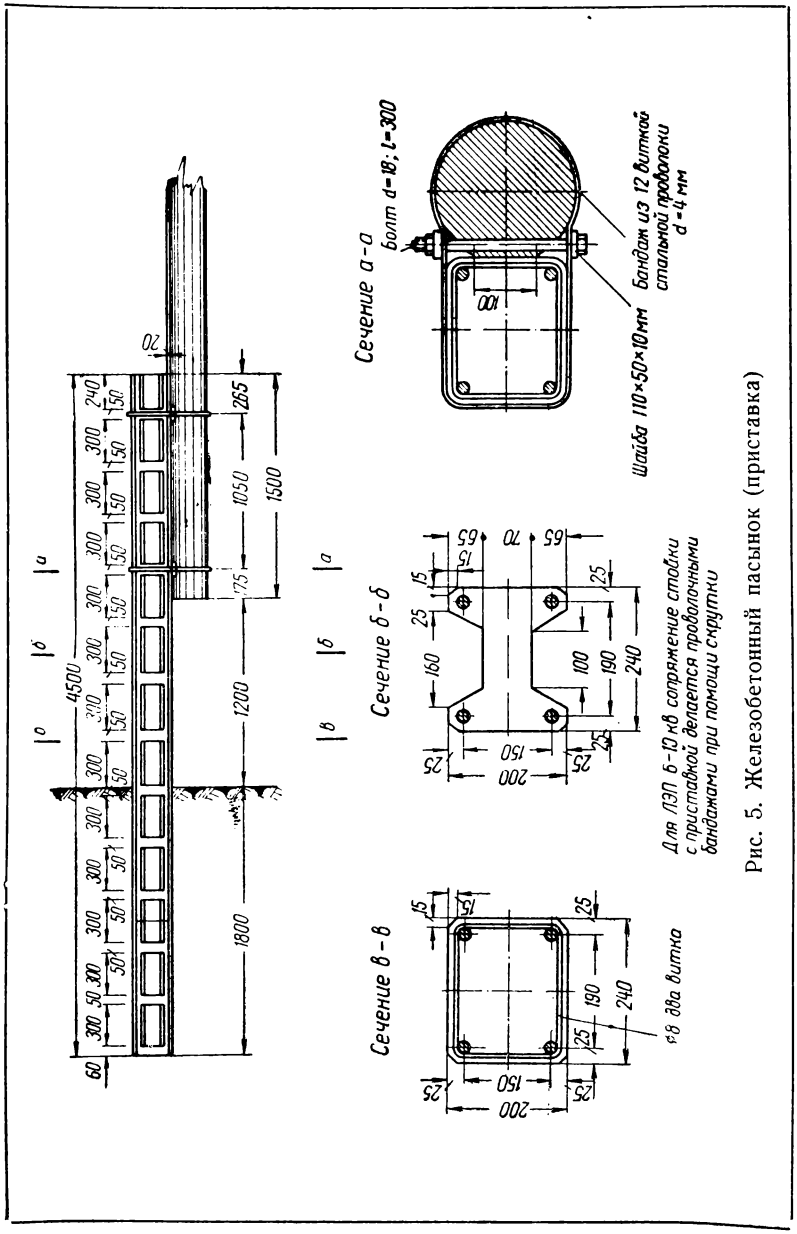


Рис. 5. Железобетонный пасынок (приставка)

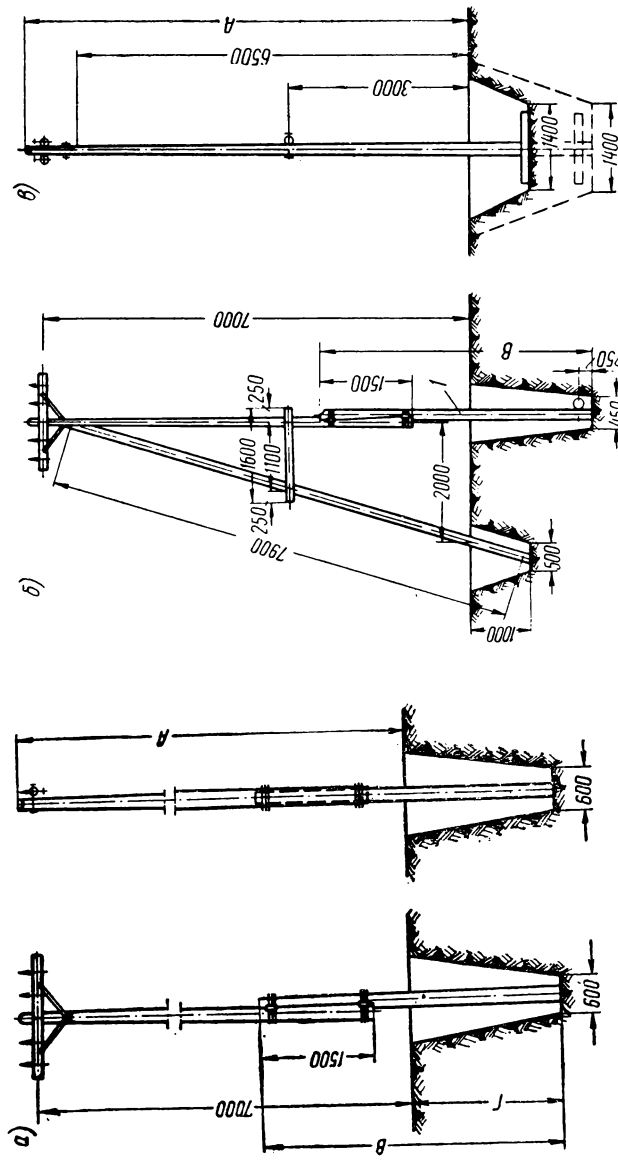


Рис. 6. Деревянные опоры ВЛ до 1 кв
а — промежуточная; *б* — концевая; *в* — угловая

Таблица 16

Наименьшие допустимые расстояния при пересечениях и сближениях

Нормируемые расстояния	Наименьшие расстояния в *м*
От проводов ВЛ до зданий и строений:	
балконов, террас, окон	1,5
глухих стен	1
От опор ВЛ до подземных трубопроводов и надземных колонн различного назначения:	
водо,-газо,-паро- и теплопроводов, а также канализационных труб	1
пожарных гидрантов, колодцев (люков) подземной канализации, водоразборных колонок	2
бензиновых колонок	5
От проводов ВЛ до наивысшего уровня воды несудоходных рек	2
От проводов ВЛ до проводов линий сигнализации и связи по вертикали	1,25
От крайних проводов ВЛ до крайних проводов линий связи при их сближении	2
От проводов ВЛ при наибольшей стреле провеса до полотна автомобильной дороги	6
От опоры ВЛ до кювета дороги	1,5
От проводов ВЛ при наибольшей стреле провеса до земли при пересечении:	
с трамвайной линией	8
с троллейбусной линией	9
От проводов ВЛ до несущего троса или контактного провода трамвайной или троллейбусной линии	1,5
От проводов ВЛ до опор контактной сети трамвая или троллейбуса при параллельном их следовании	1,5
То же, в стесненных условиях	0,5

3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

1). Приемка линий в эксплуатацию

На каждую линию необходимо иметь: технический проект, согласованный с энергоснабжающей организацией; исполнительный план трассы с нанесением всех опор, указанием их типов и порядкового номера, с отметкой о согласовании трассы с местными советами и заинтересованными организациями; расчет переходов и пересечений через железные дороги, составленный совместно с представителями заинтересованных организаций; паспорт линии, составленный по утвержденной форме.

При сдаче в эксплуатацию вновь сооруженной линии должны быть проведены: технический осмотр линии и проверка ее соответствия проекту; проверка наличия защитных устройств от перенапряжений, измерение сопротивления заземления опор; фазировка линии; трехкратное включение линии толчком на номинальное рабочее напряжение при условии мгновенной отсечки.

На каждой опоре должны быть нанесены несмываемой краской номер опоры и год установки. На опорах линии напряжением 500 *в* и выше должны быть укреплены на высоте 2—2,5 *м* предупредительные плакаты: на территориях промышленных предприятий и в населенных местностях — на каждой опоре, в ненаселенных местностях — через опору.

2) Осмотры, испытания, ремонт

В процессе эксплуатации ведется периодический контроль за нагрузкой и состоянием трассы, изоляции линии, соединительных контактов, древесины опор, заземления и грозозащитной аппаратуры.

Периодические осмотры воздушных линий путем обходов должны производиться монтером-линейщиком: в дневное время линий всех напряжений — один раз в месяц, в ночное время линий напряжением выше 1 000 *в* — один раз в 3 месяца.

В дневное время производится детальная проверка состояния трассы и всех элементов линий; в ночное время выявляются дефектные соединительные зажимы, установленные в петлях опор анкерного типа и в пролетах линии (дефектные зажимы и прилегающие к ним части проводов при наличии плохого контакта вызывают «свечение»).

При периодических осмотрах линий обращается внимание на: наличие ожогов, трещин и боя изоляторов, набросов, лопнувших или оплавленных жилок проводов; состяние опор и их крен вдоль и поперек линии, целость бандажей и заземляющих устройств; состояние контактов; состояние разрядников — отсутствие внешних повреждений, положение указателей, наличие следов оплавления на рогах; наличие предупредительных плакатов; состояние воздушных столбовых разъединителей — целость замков или других запирающих устройств на их приводах; правильность положения ножей разъединителей и состояние изоляторов; чистоту трассы — отсутствие посторонних предметов, сломанных деревьев и пр.

Все замеченные во время обхода дефекты должны записываться в путевой листок. О всех дефектах аварийного характера монтер, делающий обход, обязан немедленно сообщить.

Верховые осмотры проводов, тросов и креплений (в местах крепления к опоре) производятся один раз в год.

Внеочередные обходы — осмотры проводятся в периоды гололеда, сильных туманов, резких оттепелей, мокрых снегопадов, стихийных явлений (гроза, буря, ураган, разливы рек, лесные пожары и др.), а также после каждого аварийного отключения линии..

Осмотры воздушных линий инженерно-техническим персоналом с производством необходимых контрольно-выборочных измерений и испытаний должны производиться один раз в год.

Профилактические испытания и проверки на воздушных линиях электропередачи проводятся в следующие сроки:

а) определение загнивания деревянных опор: пасынков и траверс — один раз в год, начиная с 4-го года после сооружения линии для древесины, консервированной местным способом, и с шестого года для древесины, консервированной заводским способом; стоек опор — один раз в год, начиная с 8-го года после сооружения линии для древесины, консервированной местным способом, и с 12-го года для древесины, консервированной заводским способом;

б) проверка состояния подземных металлических частей опор — один раз в 5 лет;

в) проверка габаритов — один раз в 5 лет;

г) измерение сопротивления соединений проводов: медных — один раз в 5 лет; алюминиевых и стале-алюминиевых — один раз в 2 года; болтовых и контактных зажимов и переходных соединителей с меди на алюминий и стале-алюминий — один раз в год;

д) измерение сопротивления заземлений опор — один раз в 5 лет;

е) проверка состояния изоляторов — один раз в 2 года.

Капитальный ремонт ВЛ того напряжения, на котором осуществляется связь потребителя с энергосистемой, должен производить-

ся ежегодно, а остальных линий — в зависимости от результатов осмотров и испытаний.

3) Порядок проверки древесины на загнивание

Проверка древесины опор на загнивание состоит из: внешнего осмотра и простукивания элементов опоры по всей их длине и измерения глубины загнивания в опасном сечении и в местах наибольшего загнивания.

При простукивании чистый звонкий звук показывает, что древесина здоровая; глухой звук указывает на наличие загнивания. Простукивание следует производить в сухую и неморозную погоду. Простукивание производится щупом-молотком весом 0,4 *кг*.

Измерение глубины загнивания древесины производится тупым плоским шилом с 0,5-*см* делениями, буравчиком или специальным сверлом. Допускается также применение обычного бурава диаметром 12 *мм*. Измерение производится как в опасных сечениях каждой детали, так и в местах наибольшего загнивания.

Измерения в деталях, расположенных вертикально или под углом (пасынки, стойки, раскосы, упоры), должны производиться в трех точках окружности детали под углом 120°. Измерения в деталях, расположенных горизонтально (траверсы, подтраверсные брусья, распорки), должны производиться в двух точках окружности и детали: одно — сверху, другое — внизу. При измерении щупом последний вводится в древесину только нажатием руки.

При измерении буравом глубину загнивания определяют по вынимаемому столбику древесины.

Отверстия в древесине после проверки должны быть заделаны деревянными пробками из пропитанной древесины. Средняя глубина загнивания детали определяется как среднее арифметическое из величин глубины загнивания, полученных при измерениях. Диаметр оставшейся здоровой части определяется вычитанием удвоенной средней глубины загнивания из величины фактического диаметра детали.

При отбраковке опор по снижению прочности от загнивания могут быть оставлены в работе: у одностоечных опор стойки и пасынки, у которых сохранилось 80% по диаметру незагнившей древесины в опасных сечениях; у А-образных опор этот процент может быть понижен до 75%.

II. КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ

1. ПРИМЕНЕНИЕ КАБЕЛЕЙ НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Применение кабелей для электроснабжения строительных площадок допускается в случаях, когда невозможно сооружение временных воздушных линий по условиям производства строительных работ и техники безопасности. Вне зависимости от напряжения силовые кабели применяются с алюминиевыми и медными жилами в алюминиевой и свинцовой оболочках. Для прокладки внутри зданий на высоте меньше 2 *м* от пола кабели должны защищаться от механических повреждений (угловой сталью и др.). Для прокладки в земле и воде должны применяться бронированные кабели. Основной вид прокладки кабелей — в траншеях. На строительстве должны преимущественно применяться кабели с оболочкой из алюминия или пластиката (винилита).

Таблица 17

2. НАГРУЗКИ НА КАБЕЛИ

Допустимые длительные нагрузки на кабели с медными жилами и бумажной изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке

Кабели	Максимальная допустимая температура жил в град.	Сечение токопроводящей жилы в *мм²*													
		2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
		Токовые нагрузки в *а*													
Кабели, работающие в земле при $t = +15°$ (при глубине заложения 0,7—1 *м*):															
трехжильные 6 *кв* . .	65	—	—	—	80	105	135	160	200	245	295	340	390	440	510
„ 10 „ . .	60	—	—	—	—	95	120	150	180	215	265	310	355	400	460
четырехжильные 1 *кв*	80	—	50	60	85	115	150	175	215	265	310	350	395	450	—
Кабели, работающие на открытом воздухе при $t = +25°$ и расстоянии между кабелями в свету 35—50 *мм*:															
трехжильные 6 *кв* . .	65	—	—	—	55	65	90	110	145	175	215	250	290	325	375
„ 10 „ . .	60	—	—	—	50	60	85	105	135	165	200	240	270	305	350
четырехжильные 1 *кв*	80	25	35	45	60	80	100	120	145	185	215	260	300	340	—
Кабели, работающие в воде при $t = +15°$*:															
трехжильные 6 *кв* . .	65	—	—	—	—	135	170	205	255	310	375	430	500	545	625
„ 10 „ . .	60	—	—	—	—	120	150	180	220	275	340	395	450	510	585

* Допускаются к прокладке кабели только в свинцовой оболочке.

Таблица 18

Допустимые длительные нагрузки на кабели с алюминиевыми жилами и бумажной изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке

Сечение токопроводящей жилы в *мм²*	Кабели, работающие в земле при $t = +15°$ при глубине заложения 0,7—1 *м*			Кабели, работающие на открытом воздухе при $t = +25°$ и расстоянии между кабелями в свету 35—50 *мм*			Кабели, работающие в воде* при $t = +15°$	
	трехжильные		четырехжильные	трехжильные		четырехжильные	трехжильные	
	6 *кв*	10 *кв*	1 *кв*	6 *кв*	10 *кв*	1 *кв*	6 *кв*	10 *кв*
	Максимальная допустимая температура жил в град.							
	65	60	80	65	60	80	65	60
	Токовые нагрузки в *а*							
6	—	—	46	—	—	35	—	—
10	60	55	65	43	39	45	—	—
16	80	75	90	50	46	60	105	90
25	105	90	115	70	65	75	130	115
35	125	115	135	85	80	95	160	140
50	155	140	165	110	105	110	195	170
70	190	165	200	135	130	140	240	210
95	225	205	240	165	155	165	290	260
120	260	230	—	190	185	—	330	305
150	300	275	—	225	210	—	385	345
185	340	310	—	250	235	—	420	390
240	390	355	—	290	270	—	480	450

* Допускаются к прокладке кабели только в свинцовой оболочке.

Таблица 19

Допустимые длительные токовые нагрузки в *а* на кабели с бумажной пропитанной изоляцией в слоистой полихлорвиниловой оболочке (марки ВМБ, ВМБГ, АВМБ и АВМБГ) напряжением до 1 *кв*

Сечение токопроводящей жилы в *мм²*	С медными жилами		С алюминиевыми жилами		С медными жилами		С алюминиевыми жилами	
	трехжильные	четырехжильные	трехжильные	четырехжильные	трехжильные	четырехжильные	трехжильные	четырехжильные
	в земле				в воздухе			
6	50	40	40	30	35	35	25	25
10	70	60	55	45	45	45	35	35
16	90	80	70	60	65	65	50	50
25	125	115	95	90	85	80	65	60
35	150	135	115	105	110	105	85	80
50	190	170	145	130	135	130	105	100
70	230	205	175	160	170	155	130	120

Примечание. Максимальная допустимая температура жил +65°.

При прокладке нескольких кабелей в земле допустимые длительные токовые нагрузки должны быть снижены путем введения коэффициентов (табл. 20).

Таблица 20

Поправочные коэффициенты на число работающих кабелей, лежащих рядом в земле, в трубах и без таковых

Расстояния между кабелями в свету в *мм*	Число кабелей					
	1	2	3	4	5	6
100	1	0,9	0,85	0,8	0,78	0,75
200	1	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1	0,93	0,9	0,87	0,86	0,85

Примечание. Резервные кабели не учитываются.

Таблица 21

Допустимые длительные токовые нагрузки в *а* на трубчатые провода с резиновой изоляцией (типа ТПРФ) и кабели с медными жилами с резиновой изоляцией в свинцовой или полихлорвиниловой оболочке, бронированные и небронированные

Сечение токопроводящей жилы в *мм*²	Провода и кабели				
	одножильные	двухжильные		трехжильные	
	в воздухе		в земле	в воздухе	в земле
	Токовые нагрузки в *а*				
1,5	20	17	30	17	25
2,5	27	24	40	22	35
4	36	34	50	31	45
6	46	45	65	37	55
10	70	60	95	50	80
16	90	80	125	65	105
25	125	100	160	85	135
35	150	125	190	105	165
50	190	155	240	130	205
70	240	190	290	160	250
95	290	230	350	195	300
120	340	265	405	230	350
150	390	310	460	270	395
185	450	360	520	310	455
240	535				

Таблица 22

Допустимые длительные токовые нагрузки на провода переносные шланговые легкие (марки ШРПЛ) и средние (марки ШРПС), кабели переносные прожекторные шланговые (марки ППШ), кабели переносные шланговые тяжелые (марки КРПТ) и кабели шахтные (марки ГРШС)

Сечение токопроводящей жилы в *мм²*	Нагрузки на провода и кабели				Сечение токопроводящей жилы в *мм²*	Нагрузки на провода и кабели в *а*			
	одножильные	двухжильные	трехжильные	четырехжильные		одножильные	двухжильные	трехжильные	четырехжильные
0,5	—	11	11	11	10	75	70	55	—
0,75	—	13	13	13	16	100	85	70	—
1	—	14	14	14	25	135	110	95	—
1,5	—	19	19	19	35	160	135	115	—
2,5	34	30	25	—	50	200	165	145	—
4	43	38	34	—	70	245	215	180	—
6	55	50	43	—	—	—	—	—	—

Примечание. Токовые нагрузки относятся к кабелям как с заземляющей жилой, так и без таковой.

Таблица 23

Допустимые длительные токовые нагрузки в *а* на провода переносные шланговые для торфопредприятий (марки ГТШ) и кабели для экскаваторов (марки КШЭ) трехжильные с резиновой изоляцией

Сечение токопроводящей жилы в *мм²*	Нагрузки на провода и кабели в *а*			Сечение токопроводящей жилы в *мм²*	Нагрузки на провода и кабели в *а*		
	0,5 *кв*	3 *кв*	6 *кв*		0,5 *кв*	3 *кв*	6 *кв*
6	43	47	50	35	120	125	135
10	60	60	60	50	155	155	165
16	75	80	85	70	185	195	—
25	100	105	110	—	—	—	—

3. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО СООРУЖЕНИЮ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Таблица 24

Наименьшие допустимые радиусы изгиба кабелей

Наименование кабелей	Кратность радиуса внутренней кривой изгиба кабеля по отношению к наружному диаметру
Силовые многожильные и контрольные кабели с бумажной пропитанной изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке, бронированные и небронированные	15
Силовые и контрольные кабели с резиновой изоляцией в свинцовой или полихлорвиниловой оболочке:	
бронированные	10
небронированные	6

Таблица 25

Допустимые разности уровней прокладки кабелей в нормальном исполнении по вертикальным и наклонным трассам

Наименование и марка кабеля	Напряжение кабеля в *кв*	Разность уровней между отдельными участками трассы в *м*
Бронированные силовые и контрольные кабели с бумажной пропитанной изоляцией в свинцовой и алюминиевой оболочках	До 3	25
То же, но небронированные	» 3	15
Бронированные и небронированные кабели с бумажной пропитанной изоляцией (СБ и СБГ)	6 и 10	15
Бронированные кабели с обедненно-пропитанной изоляцией (СПВ и СПГВ)	До 3	100

Примечание. Трасса считается наклонной, если угол наклона ее к горизонтали превышает 45°.

Таблица 26

Температура окружающей среды, при которой требуется подогрев кабеля перед прокладкой

Тип изоляции кабеля и напряжение	Температура в град.
С бумажной изоляцией напряжением до 35 *кв*	0 и ниже
С резиновой изоляцией и голой свинцовой оболочкой	—20 » »
С резиновой изоляцией в полихлорвиниловой оболочке (небронированные)	—15 » »

Таблица 27

Нормы для подогрева трехжильных кабелей на барабанах при температуре воздуха ниже 0°

Сечение жил кабеля в *мм*²	Максимально допускаемый ток для прогрева в *а*	Необходимое время прогрева в мин. при температуре окружающего воздуха в град.			Необходимое напряжение на зажимах трансформатора *в* при длине кабеля в *м*				
		0	—10	—20	100	200	300	400	500
3×10	72	59	76	97	23	46	69	92	110
3×16	102	56	73	94	19	39	58	77	97
3×25	130	71	88	106	16	32	48	64	80
3×35	160	74	93	112	14	28	42	56	70
3×50	190	90	112	134	12	23	34	46	58
3×70	230	97	122	149	10	20	30	40	50
3×95	285	99	124	151	9	18	27	36	45
3×120	330	111	138	170	8	17	25	34	42
3×150	375	124	150	185	7	15	23	31	38
3×185	425	134	167	208	6	12	17	23	29
3×240	490	152	190	234	5	10	16	21	26

Примечания. 1. Кабель следует прогревать до тех пор, пока температура наружного покрова из кабельной пряжи не достигнет 20° при температуре прокладки не ниже —10° и 30° — при температуре прокладки не ниже — 20°. Температуру измеряют термометром, помещенным в наружный покров и закрытым войлоком или ватой.

2. Прокладка кабеля после прогрева должна вестись не более 40—45 мин.

4. ПРОКЛАДКА КАБЕЛЕЙ В ЗЕМЛЕ

Глубина заложения кабельных линий от планировочной отметки — не менее 0,7 *м*, а при пересечении улиц и площадей — не менее 1 *м*. Она может быть уменьшена до 0,5 *м* на участках длиной 5 *м* при вводах кабелей в здания и в местах пересечения с подземными сооружениями (при условии прокладки кабелей в трубах).

Кабельные траншеи должны иметь снизу подсыпку, а поверх уложенного кабеля — засыпку слоем мелкой земли (без строительного мусора и камней).

Кабели должны быть на всем протяжении защищены покрытием из несиликатного кирпича, уложенного в один слой поперек трассы кабелей, или другими видами покрытий. При напряжении до 1 000 *в* эта защита выполняется только в местах возможных механических повреждений (например, в местах частых раскопок).

Кабели должны укладываться с запасом по длине (змейкой, но не в виде колец-витков), достаточным для компенсации возможных смещений почвы и температурных деформаций самих кабелей.

Таблица 28

Наименьшие допустимые расстояния при прокладке кабелей в земле

Расстояния в свету	Наименьшая допустимая величина в *м*
При параллельной прокладке между:	
контрольными кабелями	Не нормируется
силовыми кабелями напряжением до 10 *кв* включительно, а также между ними и контрольными	0,1
кабелями напряжением выше 10 до 35 *кв* и другими кабелями	0,25*
кабелями, эксплуатируемыми различными организациями, а также между силовыми кабелями и кабелями связи или фундаментами зданий	0,5*
кабелями и стволами деревьев	2
» » трубопроводами	0,5**
» » нефтегазопроводами	1**
кабелями и теплопроводами	2
» » железными дорогами (ближайшим к трассе рельсом)	3***
кабелями и автомобильными дорогами (от внешней стороны кювета)	1
При пересечениях между:	
кабельными линиями и трубопроводами	0,5****
» » » теплопроводами	0,5
» » » железными и автомобильными дорогами	Не менее 1 *м* от полотна дороги и 0,5 *м* от дна водоотводных каналов

* При параллельной прокладке между кабелями напряжением выше 10 до 35 *кв* и другими кабелями допускается уменьшение расстояний до 100 *мм*, а между силовыми кабелями и кабелями связи—до 250 *мм* при условии прокладки кабелей в трубах, установки несгораемых перегородок и т. п.

** Допускается сокращение расстояния до 250 *мм* при условии прокладки кабелей в трубах. Параллельная прокладка кабелей над и под трубопроводами не допускается.

*** Допускается уменьшение расстояния при прокладке кабелей в трубах.

**** Допускается сокращение расстояния до 250 *мм* при условии прокладки кабеля на участке пересечения плюс по 1 *м* в каждую сторону в трубах.

Каждая кабельная линия должна иметь свой номер или наименование. Трасса каждой кабельной линии должна быть нанесена на план с

установлением ее координат по отношению к существующим фундаментальным застройкам или к специально установленным знакам с указанием расположения кабельных муфт.

При пересечении улиц и площадей кабельные линии должны прокладываться в трубах.

Для кабельных линий, прокладываемых в траншеях, должны применяться бронированные кабели с защитным покровом поверх брони.

В почвах с агрессивной средой (в солончаках и болотах) должны прокладываться кабели с защитным покрытием из полихлорвинила или применяться меры защиты кабелей (прокладка в трубах и др.).

5. ПРОКЛАДКА КАБЕЛЕЙ В ЗДАНИЯХ

При открытой прокладке кабели должны быть защищены от непосредственного действия солнечных лучей, а также от теплоизлучения различного рода источников тепла.

Внутри зданий кабельные линии могут прокладываться непосредственно по конструкциям зданий (как открыто, так и в коробах или трубах) в каналах, а также в трубах, проложенных в полах и фундаментах машин.

Бронированные кабели не должны иметь поверх брони покровов из горючих волокнистых и тому подобных материалов.

Металлические оболочки кабелей и поверхности, по которым они прокладываются, должны быть защищены антикоррозийными покрытиями.

6. СОЕДИНЕНИЯ И КОНЦЕВЫЕ ЗАДЕЛКИ КАБЕЛЕЙ

Для соединения кабелей напряжением выше 1 000 *в* в свинцовой или алюминиевой оболочке применяются свинцовые соединительные муфты. Кабели напряжением до 1 000 *в* в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемые в земле, могут быть соединены также в чугунных муфтах; при открытой прокладке соединения этих кабелей должны выполняться только в свинцовых муфтах.

Соединения шланговых кабелей напряжением выше 1 000 *в* должны производиться горячим вулканизированием с покрытием противосыростным лаком.

Для оконцевания кабелей напряжением 1—10 *кв* рекомендуется применение в первую очередь сухих концевых заделок; могут применяться также стальные воронки, заливаемые кабельным компаундом.

СУХИЕ КОНЦЕВЫЕ ЗАДЕЛКИ

1) Концевые заделки силовых кабелей в резиновых перчатках (рис. 7)

После снятия защитных покровов и разводки жил кабеля на них наматывается в один слой полихлорвиниловая лента или лакоткань; обмотанные жилы смазываются техническим вазелином, после чего на них натягивается резиновая перчатка с приклеенными заранее к ее паль-

цам резиновыми трубками необходимой длины. Тело перчатки приклеивается клеем № 88 (ТУ 1542 МХП) к оболочке кабеля и уплотняется путем наложения хомута или двух бандажей; уплотняются также и концы резиновых трубок около наконечников.

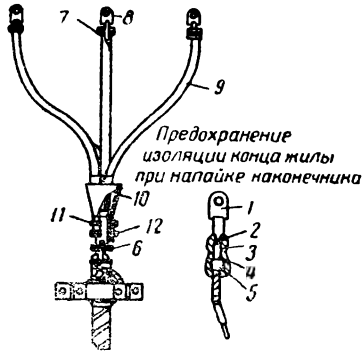


Рис. 7. Концевая заделка кабеля в резиновой перчатке

1 — наконечник; *2* — медная жила; *3* — киперная или прорезиненная лента; *4* — бумажная изоляция жилы; *5* — резиновая трубка муфты, отогнутая и спущенная; *6* — заземление оболочки; *7* — изоляционная лента в три-четыре слоя и сверху бандаж из проволоки (четыре-пять обмоток); *8* — литой наконечник; *9* — фазная резиновая трубка; *10* — общая трубка резиновой муфты; *11* — подмотка резиновой лентой на клее № 88; *12*—бандажи по изоляционной ленте и резиновой трубке из оцинкованной железной проволоки диаметром 1—1,5 *мм* (четыре-пять рядов)

2) Концевые заделки кабелей напряжением до 1 000 *в* с применением полихлорвиниловой липкой ленты

Конец кабеля подготовляется так же, как и при других способах заделок. Внешняя поверхность поясной бумажной и фазной изоляции жил для удаления пропитывающего состава протирается чистой тряпкой, слегка смоченной в бензине. Свинцовая или алюминиевая оболочка на участке $A+20$ *мм* (рис. 8) тщательно промывается бензином и очищается до блеска.

Уступы в местах переходов от внешней поверхности цилиндрической части кабельных наконечников на фазную изоляцию жил выравниваются на конус подмоткой из полихлорвиниловой липкой ленты шириной 7,5 *мм*. Длина подмотки 45—100 *мм*, в зависимости от сечения жил.

Уступ в месте перехода со свинцовой или алюминиевой оболочки к поясной изоляции кабеля выравнивается на конус такой же липкой лентой (рис. 9).

Каждая жила кабеля от поясной изоляции и до контактной части наконечника обматывается несколькими слоями полихлорвиниловой липкой ленты шириной 15—20 *мм*.

В корешке заделки отдельные слои обмоток на жилах наматываются конусообразно с тем, чтобы в дальнейшем при сжатии в пучок они не получили резкого изгиба.

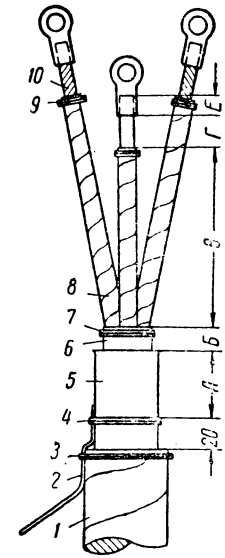


Рис. 8. Конец кабеля, подготовленный для сухой заделки (обозначения—см. рис. 9)

Внутренние, обращенные друг к другу поверхности полихлорвиниловых обмоток каждой жилы кабеля на длине 70—120 *мм*, считая от торца поясной изоляции, покрываются (кистью) слоем полихлорвинилового лака-пасты № 2. Затем при помощи кисти или деревянной лопаточки лаком заполняется внутреннее пространство между жилами, после чего жилы плотно сжимаются рукой в пучок и закрепляются в этом положении бандажом из тафтяной ленты и шпагата.

Внешняя поверхность пучка сжатых жил на участке 70—120 *мм* обмазывается толстым слоем лака. При этом используется и лак, выдавленный при сжатии жил в пучок.

Лак-паста должен так покрывать желобки между жилами, чтобы при последующем наложении поясной обмотки между ней и поверхностью кабеля, покрытой лаком, не было пустоты.

Поясная обмотка выполняется полихлорвиниловой липкой лентой. Нижняя часть этой обмотки, а также ее концы на цилиндрических хвостах кабельных наконечников закрепляются бандажами из крученого шпагата.

Внешняя поверхность заделки в целях повышения стойкости к действию влаги и для получения гладкой поверхности покрывается слоем асфальтового изолирующего лака.

3) Концевые заделки силовых кабелей из эпоксидного компаунда

После обычной разделки наружных покровов кабеля предварительно очищенные и обезжиренные[1] участки поясной бумажной изоляции, а также свинцовой (или алюминиевой) оболочки и жилы кабеля обмазываются эпоксидной шпатлевкой и обматываются киперной лентой с покрытием каждого слоя шпатлевкой. Затем на корешок кабеля надевается съемная форма (рис. 10), которая заливается той же шпатлевкой. Съемная форма после окончания твердения компаунда удаляется.

Монтаж заделки может быть произведен при температуре окружающей среды не ниже —10°.

Полимеризация (отвердение) компаунда продолжается 2—4 суток, в зависимости от температуры окружающей среды.

Для предотвращения вытекания пропитывающего состава место перехода от заводской изоляции жилы к наконечнику тщательно герметизируется дополнительной подмоткой из киперной ленты с покрытием каждого слоя намотки эпоксидным компаундом и наложением бандажа из крученого шпагата.

[1] Обезжиривание свинцовой или алюминиевой оболочек кабеля производится ацетоном и отвердителем № 1.

Таблица 29

Малогабаритные воронки и заливочные массы для оконцевания кабелей напряжением до 1 000 *в*

Тип воронки	Сечения кабелей в *мм*²		Заливочная масса		Вес воронки в *кг*
	трехжильных	четырехжильных	тип	вес в *кг*	
МГВ-1	До 16	До 10	МБ-90 или МБ-70	0,8	0,131
МГВ-2	25—35	16—25		0,8	0,163
МГВ-3	50—70	35—50		1,5	0,227
МГВ-4	95—150	70—120		1,5	0,326

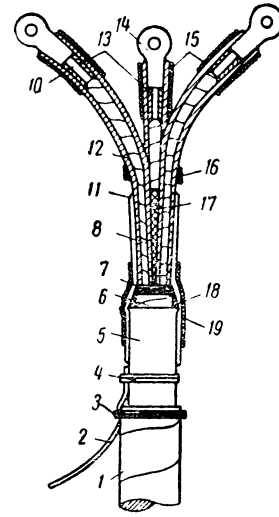


Рис. 9. Сухая концевая заделка конца кабеля полихлорвиниловой лентой

1 — броня кабеля; *2* — заземляющий проводник; *3* и *4*—проволочные бандажи; *5* — свинцовая или алюминиевая оболочка кабеля; *6* — поясная заводская изоляция; *7* — нитяной бандаж; *8* — жила в заводской изоляции; *9* — нитяной бандаж; *10* — оголенный участок жилы; *11* — полихлорвиниловая поясная обмотка; *12* — полихлорвиниловая обмотка по жиле; *13* — выравнивающая конусная полихлорвиниловая намотка; *14* — кабельный наконечник; *15* — бандажи из крученого шпагата; *16* — временный бандаж из ленты и шпагата; *17* — лак-паста; *18* — выравнивающая конусная полихлорвиниловая намотка; *19* — бандаж из крученого шпагата

Размеры (только для рис. 8): *А*—50, 80 и 100 *мм* соответственно для кабелей диаметром до 25 *мм*, 26—40 *мм*, 41—55 *мм*; *Б*—15 *мм*; *В* — не менее 150 *мм*; *Г* и *Е* — 15—35 *мм* в зависимости от сечения жил

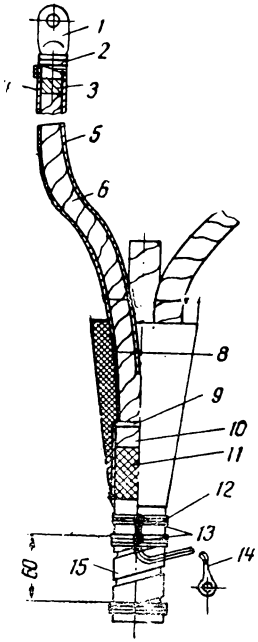


Рис. 10. Концевая заделка кабеля из эпоксидного компаунда

1 — наконечник; *2* — бандаж из шпагата; *3*—жила кабеля; *4* — дополнительная подмотка из киперной ленты с покрытием каждого слоя компаундом; *5* — три слоя подмотки из киперной ленты с покрытием каждого слоя эпоксидным компаундом; *6* — фазная изоляция; *7* — расстояние от поясной изоляции до верха заделки; *8*—эпоксидный компаунд; *9* — бандаж из хлопчатобумажной пряжи на поясной изоляции; *10* — поясная изоляция; *11* — насечка ножом на оболочке кабеля; *12* — бандаж проволочный; *13* — пайка заземляющего троса к оболочке и броне кабеля; *14* — заземляющий трос; *15* — броня кабеля

7. ИСПЫТАНИЯ КАБЕЛЕЙ (по ПУЭ 1-8-23)

После окончания монтажа кабели испытываются повышенным напряжением постоянного тока. Испытаниям подвергается каждая жила кабеля; при этом остальные жилы кабеля закорачиваются, соединяются со свинцовой оболочкой и заземляются. Величина испытательного выпрямленного напряжения для кабелей напряжением 1—10 *кв* равна $6U_{ном}$. Продолжительность испытания 10 мин.

Кабель считается выдержавшим испытания, если не произошло пробоя, не было скользящих разрядов и толчков тока утечки или его нарастания, после того как он достиг установившегося значения.

8. ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

1) Приемка кабельных линий в эксплуатацию

При сдаче кабельных линий в эксплуатацию требуется следующая документация: технический проект; исполнительная трасса, согласованная с отделом подземных сооружений местного Совета, Министерством путей сообщения и другими организациями: протоколы заводских испытаний кабелей, а при их отсутствии протоколы испытаний кабелей на монтажной площадке; протоколы наружного осмотра кабелей на барабанах и испытаний кабельной линии после прокладки; инвентарная опись всех элементов кабельной линии; акты на скрытые работы.

Перед пуском в эксплуатацию должны быть представлены протоколы: испытания целости жил, измерения сопротивления изоляции между жилами кабеля и между жилами и землей и испытания кабельной линии высоким напряжением (кенотроном).

2) Обходы и осмотры кабельных трасс

а) Сроки осмотров

Кабельные трассы подлежат осмотру монтерами в следующие сроки: кабели, проложенные в земле, коллекторах и туннелях, — не реже одного раза в месяц; концевые муфты — один раз в 3 месяца; кабельные колодцы — один раз в 6 месяцев. Весной во время таяния снега и ледохода, после ливней и в период осенних дождей, когда наблюдаются наибольшее размягчение и размыв грунта и возможны повреждения обнажившихся кабелей, назначаются внеочередные обходы.

Контрольный (выборочный) осмотр кабельных линий инженерно-техническим персоналом должен производиться один раз в год.

б) Объем проверок при обходах и осмотрах кабельных трасс

При обходах и осмотрах кабельных трасс выявляются: повреждения земляного покрова; работы в зоне проложенных кабелей; места, где кабели могут быть повреждены; ухудшение условий работы кабелей и доступа к ним.

Обходчики, производящие обход и осмотр трасс кабелей, проложенных в земле, должны следить за тем, чтобы по трассе не производились работы, не согласованные с организацией, эксплуатирующей кабели (строительство сооружений, раскопка земли, насаждение растений, за-

валы мусором и т. п.); осматривать пересечения кабельных линий железными и шоссейными дорогами, кюветами (канавами и т. д.), а также участки трасс, пролегающих по склонам местности; следить за целостью и сохранностью опознавательных знаков на трассах кабелей.

При осмотре кабельных колодцев, каналов и туннелей необходимо проверять: состояние люков колодцев и плиточных покрытий каналов; отсутствие ржавления брони кабелей; внешнее состояние муфт; отсутствие натяжения кабелей; температуру в колодцах, каналах и туннелях и температуру поверхности кабелей в местах, где можно ожидать наибольшего их нагрева; наличие маркировки кабелей; отсутствие воды; отсутствие в каналах и колодцах наносов (земли, ила); отсутствие в туннелях и у входов к ним захламляющих предметов, строительных и монтажных материалов, обтирочных концов, тряпок, мусора и пр.; чистоту и целость стен и перекрытий; исправное состояние освещения и вентиляции.

В местах перехода кабелей на воздушную линию обходчики обязаны проверять (не влезая на опоры): наличие защиты кабеля от механических повреждений в месте выхода его из земли; целость заземляющего троса; отсутствие подтеков кабельной массы из муфт; отсутствие сближения жил кабеля, выведенных из муфт и присоединенных к линии.

При осмотре открыто проложенных кабелей необходимо проверять: наличие защитных покрытий (щитов, коробов, труб) в местах, где возможны механические повреждения кабелей; отсутствие коррозии, вмятин, забоин брони, повреждения свинцовых или алюминиевых оболочек кабелей грызунами; внешнее состояние муфт; крепление и размещение кабелей на конструкциях; отсутствие натяжения кабеля; температуру окружающей среды и температуру поверхности кабелей в местах, где можно ожидать наибольшего нагрева; наличие маркировки кабелей; отсутствие на кабелях или вблизи их грязи, пыли, захламляющих предметов, обтирочных концов, тряпок, мусора и пр.

Вдоль трассы траншей должны быть установлены или нанесены опознавательные знаки в следующих местах: на прямых участках не менее чем через каждые 100 *м*, на всех углах и поворотах, у вводов в здания, в местах установки соединительных муфт, в местах пересечения кабелей с железнодорожными путями и другими дорогами по обеим сторонам пересечения. Места скрытой прокладки в стенах должны быть обозначены красными стрелками и двумя черными продольными полосами, ограничивающими место прокладки.

3) Испытания кабельных линий в эксплуатации

Испытания изоляции кабелей следует производить в весенние и осенние месяцы после обильного поступления влаги в почву. Кабельные линии напряжением выше 1 *кв* в процессе эксплуатации должны один раз в год подвергаться профилактическим испытаниям напряжением постоянного тока, равным пятикратному значению номинального линейного напряжения, в течение 5 мин.; такие же испытания указанных линий производятся после капитального ремонта.

Кабели напряжением до 1 *кв* испытываются, как правило, мегомметром на 1 000—2 500 *в*.

III. ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ

1. УКАЗАНИЯ ПО ВЫБОРУ ПРОВОДОВ И КАБЕЛЕЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДОК

1) Общие требования

В стационарных электропроводках провода и кабели с алюминиевыми жилами сечением 2,5 *мм*^{2} и более должны применяться наравне с проводами и кабелями с медными жилами, за исключением электропроводок во взрывоопасных помещениях категорий В-1 и В-1а.

Вместе с тем провода с алюминиевыми жилами допускается применять только при условии, что аппараты и приборы, к которым они присоединяются, изготовлены с контактами для присоединения алюминиевых жил.

Нулевые провода должны иметь изоляцию, равноценную с фазными проводами.

Для питания переносных и передвижных электроприемников следует применять гибкие шланговые провода и кабели с медными жилами. Все жилы указанных проводников, в том числе и заземляющая, должны быть в общей оболочке. В отношении правил устройства изолированные провода подразделяются на защищенные и незащищенные. Незащищенными называются провода, не имеющие специальных оболочек для защиты от механических повреждений (например, марок АПР, ПР, ППВ и др.), а защищенными — провода, имеющие специальную защитную (металлическую или иную) оболочку (например, ТПРФ).

2) Способы прокладки

Таблица 30

Виды электропроводки и способы прокладки проводов в зависимости от условий окружающей среды

Характеристика помещения или среды	Вид электропроводки	Способы выполнения
Сухое	Открытая	Непосредственно по несгораемым и трудносгораемым, а также сгораемым конструкциям и поверхностям: на роликах и изоляторах, в трубах (изоляционных с металлической оболочкой и стальных), коробах, лотках, гибких металлических рукавах, а также защищенными кабелями и специальными проводами
	Скрытая	В трубах (изоляционных, изоляционных с металлической оболочкой и стальных), глухих коробах, замкнутых каналах строительных конструкций зданий, а также специальными проводами
Влажное	Открытая	Непосредственно по несгораемым, а также сгораемым конструкциям и поверхностям: на роликах и изоляторах в стальных трубах, коробах, а также защищенными и специальными проводами

Продолжение табл. 30

Характеристика помещения или среды	Вид электропроводки	Способ выполнения
Сырое и особо сырое	Скрытая	В трубах (изоляционных, влагостойких и стальных), глухих коробах, а также специальными проводами
	Открытая	Непосредственно по сгораемым и несгораемым конструкциям и поверхностям: на роликах для сырых мест и изоляторах, в стальных трубах, а также кабелями
Жаркое	Скрытая	В трубах (влагостойких, изоляционных и стальных)
	Открытая	Непосредственно по несгораемым и сгораемым конструкциям и поверхностям: на роликах и изоляторах, в стальных трубах, коробах, лотках, а также кабелями и защищенными проводами
Пыльное	Скрытая	В трубах (изоляционных, изоляционных с металлической оболочкой и стальных)
	Открытая	Непосредственно по несгораемым конструкциям и поверхностям: на изоляторах, в трубах (изоляционных с металлической оболочкой и стальных), коробах, а также кабелями и защищенными проводами
		Непосредственно по сгораемым конструкциям и поверхностям: в стальных трубах, коробах, а также кабелями и защищенными проводами
	Скрытая	В трубах (изоляционных, изоляционных с металлической оболочкой и стальных), коробах, а также специальными проводами
Наружная электропроводка	Открытая	На изоляторах, (под навесами также на роликах больших размеров), в стальных трубах или кабелями
	Скрытая	В стальных трубах или специальными проводами
Взрыво- и пожароопасные помещения	—	Способы выполнения см. в главах VII-3 и VII-4 „Правил устройства электроустановок"

Таблица 31

3) Допустимые токовые нагрузки

Допустимые длительные токовые нагрузки в *а* на провода с резиновой или полихлорвиниловой изоляцией и медными и алюминиевыми жилами и шнуры с резиновой изоляцией и медными жилами

Сечение токопроводящей жилы в *мм*²	Провода и шнуры с медными жилами					Провода с алюминиевыми жилами			
	провода, проложенные открыто	провода, проложенные в одной трубе[1]				провода, проложенные открыто	провода, проложенные в одной трубе[1]		
		два одножильных	три одножильных	четыре одножильных	один трехжильный		два одножильных	три одножильных	четыре одножильных
0,5	10	—	—	—	—	—	—	—	—
0,75	13	—	—	—	—	—	—	—	—
1	15	14	13	12	12	—	—	—	—
1,5	20	17	15	14	13	—	—	—	—
2,5	27	24	22	22	19	21	18	17	17
4	36	34	31	27	24	28	25	25	20
6	46	41	37	35	30	35	32	28	27
10	70	60	55	45	45	50	45	42	35
16	90	75	70	65	60	70	55	55	50
25	125	100	90	80	75	95	75	70	60
35	150	120	110	100	90	115	90	85	75
50	190	165	150	135	120	145	125	115	105
70	240	200	185	165	155	185	155	145	125
95	290	245	225	200	190	225	190	175	155
120	340	280	255	230	220	260	215	195	175
150	390	320	290	—	—	300	245	225	—

[1] При определении числа проводов, проложенных в одной трубе, нулевой рабочий провод четырехпроводной системы трехфазного тока в расчет не принимается.

4) Минимальные сечения проводов

Таблица 32

Минимальные сечения проводов, допустимые по условиям механической прочности

Наименование проводников	Минимальное сечение жил в *мм*²	
	медных	алюминиевых
Шнуры в общей оболочке и провода шланговые для присоединения переносных бытовых электроприемников	0,75	—
Кабели и провода шланговые для присоединения переносных электроприемников в промышленных установках	1,5	—
Кабели шланговые для передвижных электроприемников	2,5	—
Скрученные двухжильные провода с многопроволочными жилами для стационарной прокладки на роликах	1	—
Незащищенные изолированные провода для стационарной прокладки внутри помещений:		
на роликах и клицах	1	2,5
„ изоляторах	1,5	4
Незащищенные изолированные провода в наружных электропроводках:		
по стенам, конструкциям или опорам на изоляторах	2,5	4
под навесами на роликах	1,5	2,5
Кабели и незащищенные изолированные провода в трубах и металлических рукавах	1	2,5
Кабели и защищенные изолированные провода для стационарной прокладки	1	2,5

2. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОПРОВОДОК

Таблица 33

Наибольшие расстояния между точками крепления незащищенных изолированных проводов на изолирующих опорах

Способ крепления проводов	Допустимые расстояния в *м* при сечении проводов в *мм*²						
	до 2,5	4	6	10	16—25	35—70	95— и более
На роликах	0,8	0,8	0,8	0,8	1	1,2	1,2
На изоляторах по стенам и потолкам внутри помещений	1	2	2	2	2,5	3	6
На изоляторах по стенам при наружной электропроводке	2	2	2	2	2	2	2

Таблица 34

Крепление проводов к роликам и изоляторам

Закрепляемые проводники	Способ крепления
Провода	Мягкой стальной проволокой, покрытой антикоррозийным покрытием, на всех роликах или изоляторах. Изоляция проводов должна быть предохранена от повреждения проволокой
Шнуры	Тесьмой на угловых и конечных роликах и на роликах, на которых выполнены ответвления

Таблица 35

Выполнение пересечений, проходов и обходов

Пересечения, проходы и обходы	Правила выполнения
Пересечение незащищенных изолированных проводов	В неразрезанных изоляционных полутвердых трубках, закрепленных на каждом из пересекающихся проводов или на одном проводе, заделанном в борозду
То же, защищенных проводов при расстоянии между ними менее 10 *мм*	То же
Обходы защищенными и незащищенными проводами трубопроводов	Выполняются на расстоянии от трубопроводов не менее 50 *мм* в бороздах в изоляционных трубках либо в металлических трубах
То же, горячих трубопроводов	То же, с защитой от воздействия высоких температур

Продолжение табл. 35

Пересечения, проходы и обходы	Правила выполнения
Проходы через стены незащищенных проводов	В неразрезанных изоляционных полутвердых трубках, оконцованных в сухих помещениях изолирующими втулками, в сырых—воронками. При проходах проводов из сухого помещения в сухое все провода одной линии допускается прокладывать в одной изоляционной трубке
Проходы из сухих помещений в другие, с иной температурой, влажностью и т. п.	То же, при этом воронки должны быть залиты с обеих сторон изолирующим компаундом. Соединения проводов перед проходом должны выполняться в сухих помещениях. Каждый провод должен прокладываться в отдельной трубке
Проходы защищенных и незащищенных проводов и кабелей через междуэтажные помещения	Выполняются в трубах или каналах

Таблица 36

Открытые электропроводки внутри помещений

Нормируемые величины	Допустимые величины, расстояния и правила выполнения
Расстояние от незащищенных проводов до поверхностей стен, перекрытий и других предметов	Не менее 10 *мм*
Высота прокладки незащищенных изолированных проводов на роликах и изоляторах от пола:	
при напряжении сети 120 *в* и выше в помещениях без повышенной опасности	Не ниже 2 *м*
при напряжении сети до 40 *в* в любых помещениях	„ „ 2 „
во всех остальных случаях	„ „ 2,5 „
Высота прокладки защищенных изолированных проводов, проводов и кабелей в трубах, гибких металлошлангах и т. п.	Не нормируется
Спуски к выключателям, штепсельным розеткам, аппаратам, щиткам и пр.	Должны быть защищены от механических воздействий до высоты 1,5 *м*. В нормальных помещениях, жилых и общественных зданиях спуски от механических воздействий могут не защищаться

Выполнение скрытой электропроводки внутри помещений

При выполнении скрытых проводок в изоляционных резиновых, стеклянных, бумажных и тому подобных трубах должна быть обеспечена возможность замены проводов. Это правило не относится к незащищенным изолированным проводам, специально предназначенным для непосредственной прокладки под слоем штукатурки (например, провод ППВ — см. ниже).

По сгораемым стенам и перекрытиям изоляционные трубы должны прокладываться по слою листового асбеста толщиной 3 *мм* или намету штукатурки толщиной не менее 5 *мм*.

Пучки проводов, прокладываемых в строительных конструкциях, должны быть скреплены (обоймами, бандажами и т. п.). При вертикальном расположении строительных конструкций крепление проложенных в них проводов и кабелей является обязательным.

Трубки, не введенные в коробки или корпусы аппаратов и приборов, оконцовываются изолирующими втулками и воронками.

Выполнение электропроводок проводом ППВ[1]

Провода марки ППВ двух- и трехжильные сечением 1; 1,5 и 2,5 *мм*^{2} разрешено применять для групповых (распределительных) осветительных линий и мелких силовых нагрузок (до 1 *квт*) в сетях напряжением до 380 в переменного и постоянного тока, прокладываемых в жилых, административных, лечебных зданиях, детских учреждениях и в производственных помещениях, как скрыто — непосредственно под слоем штукатурки или внутри стен и перекрытий (без труб), так и открыто — по поверхности стен и потолков (без дополнительной изоляции) в сухих и влажных помещениях.

Применение проводов марки ППВ не допускается:

а) открыто — в пожароопасных помещениях и на чердаках;

б) открыто и скрыто — во взрывоопасных помещениях, сырых и особо сырых помещениях и в помещениях с вредно действующей на поливинилхлорвинил средой;

в) открыто и скрыто по деревянным основаниям — в детских учреждениях;

г) для зарядки подвесной осветительной аппаратуры.

При монтаже проводки проводом ППВ следует:

а) при прокладке двух и более проводов укладывать их на плоскость стены плашмя рядом с промежутком 3—5 *мм*; прокладка проводов пучком запрещается;

б) при пересечениях усиливать изоляцию провода путем подмотки тремя-четырьмя слоями прорезиненной ленты;

в) при применении трехжильных проводов для целей освещения жилы, разделенные широкой пленкой, использовать для цепей разных фаз;

г) при изгибе проводов на ребро (например, на угол 90° в плоскости стены) разрезать пленку вдоль провода между жилами и отвести одну жилу внутрь угла, уложив ее полупетлей;

д) проходы проводов через стены при открытой прокладке выполнять так же, как и проводом ПР. Выход скрыто проложенных проводов ППВ выполнять через (изолирующие) втулку или воронку;

1) Относятся также к проводам АППВ с алюминиевыми жилами.

е) крепление проводов при открытой прокладке производить приклеиванием или гвоздями со шляпками диаметром до 3 *мм*; гвозди забивать на расстоянии 150—200 *мм* между жилами провода; забивание гвоздей производить молотком весом до 200 *г* при помощи оправки, защищающей провод от повреждения при ударе молотка;

ж) при присоединении проводов к зажимам выключателей, штепсельных розеток и т. д. разделительную пленку вырезать лишь на участке, необходимом для осуществления присоединения.

Таблица 37

Выполнение наружных проводок[1]

Нормируемые величины	Допустимые расстояния и правила исполнения
Расстояние от проводов до стен или опорных конструкций	Не менее 50 *мм*
Наименьшее расстояния от земли до незащищенных проводов, проложенных открыто по стенам	2,75 *м*
Расстояние от проводов до поверхности земли при пересечении проездов	Не менее 6 *м*
Расстояние от проводов до поверхности земли в непроезжей части территории	„ 3,5 „
Расстояние между проводами по горизонтали и вертикали при пролетах до 6 *м*	„ 100 *мм*
То же, при пролете более 6 *м*	„ 150 „
Устройство вводов в здания	Рекомендуется делать через стену в металлических трубах с исключением попадания в них влаги; в отапливаемых помещениях—в резиновых полутвердых трубах
Расстояние от земли до ввода	Не менее 2,75 *м*
Расстояние между проводами ввода, а также до выступающих частей здания	„ 200 *мм*

[1] Расстояния между точками крепления проводов даны в табл. 39.

3. СОЕДИНЕНИЕ И ОКОНЦЕВАНИЕ ЖИЛ

Соединения, ответвления и оконцевания проводов и кабелей с медными жилами должны производиться при помощи опрессования, сварки, пайки и специальных зажимов (винтовых, болтовых, клиновых и т. п.);

проводов и кабелей с алюминиевыми жилами — опрессованием в алюминиевых гильзах, сваркой или пайкой.

Места соединений и ответвлений проводов и кабелей не должны испытывать механических усилий.

Изоляция проводов и кабелей в местах соединения жил должна быть не ниже изоляции целых мест этих проводов и кабелей.

Присоединение проводов и кабелей к аппаратам, приборам и установочной арматуре должно выполняться при помощи наконечников или специальных зажимов. Однопроволочные провода сечением до 10 *мм*^{2} включительно и многопроволочные до 2,5 *мм*^{2} включительно с медной или алюминиевой жилой могут присоединяться без наконечников, при этом концы многопроволочных проводов должны быть пропаяны или опрессованы.

Для присоединения проводов и кабелей с алюминиевыми жилами к аппаратам и приборам последние должны быть изготовлены с контактами, специально предназначенными для присоединения алюминиевых жил.

4. ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДОК

Таблица 38

Объем и нормы испытаний вновь смонтированной электропроводки

№ п/п	Объем испытаний	Нормы испытаний
1	Измерение сопротивления изоляции проводов при снятых плавких вставках, при этом: а) в силовых цепях должны быть отключены электроприемники, а также аппараты, приборы и т. п. б) в осветительных цепях лампы должны быть вывинчены, а штепсельные розетки, выключатели и групповые щитки—присоединены	Сопротивление изоляции на участке между двумя смежными предохранителями или за последними предохранителями между любым проводом и землей, а также любыми двумя проводами должно быть не менее 0,5 *Мом*
2	Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты электропроводок, не выдержавших испытание по п. 1	Величина испытательного напряжения 1 000 *в*. Продолжительность испытания 1 мин.

5. ВЫБОР УСТАНОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДОК

Таблица 39

Выбор материалов для прокладки изолированных проводов

Сечение жилы провода в *мм*²	Трубки резиновые полутвердые внутренним диаметром в *мм*	Трубки хлорвиниловые для надевания на голые жилы внутренним диаметром в *мм*	Ролики (тип)	Втулки фарфоровые (тип)	Воронки фарфоровые (тип)	Винты для дерева*		Глухари*		Прочие материалы		
						диаметр в *мм*	длина в *мм*	диаметр в *мм*	длина в *мм***	проволока вязальная диаметром в *мм*	изоляторы фарфоровые (тип)	крюки, якори и полуякори диаметром в *мм*
Провод марки ПР или АПР												
1	7	1,6	РП-2,5	ВФД-7	В-10	4	40	—	—	0,7	—	—
1,5	7	1,9	РП-2,5	ВФД-7	В-10	4	40	—	—	0,7	ШТ-Л-4	9,5
2,5	7	2,3	РП-2,5	ВФД-7	В-10	4	40	—	—	0,7	ШТ-Л-4	9,5
4	7	2,7	РП-6	ВФД-7	В-10	4,5	45	—	—	0,7	ШТ Л-4	9,5
6	9	3,2	РП-6	ВФД-9	В-16	4,5	45	—	—	1	ТФ-4	13
10	9	4	РП-16	ВФД-9	В-16	5	60	6	50	1	ТФ-4	13
16	11	—	РП-16	ВФД-11	В-25	5	60	6	50	1	ТФ-4	16
25	13	—	РП-35	ВФД-13	В-35	6	60	6	65	1,4	ТФ-3	16
35	16	—	РП-35	ВФД-16	В-70	6	60	8	65	1,4	ТФ-3	18
50	16	—	РП-70	ВФД-16	В-70	8	70	8	65/80	1,4	ТФ-2	18
70	23	—	РП-70	ВФД-23	В-95	8	70	8	65/80	2	ТФ 2	18
95	23	—	РП-95	ВФД-23	В-95	8	80	10	80/100	2	ТФ-1	18
120	29	—	РП-120	ВФД-29	—	8	80	10	80/100	2	ТФ-1	18
Шнур марки ПРД или ШР												
До 1,5	9	—	РШ-4	ВФД-9	В-16	4	45	—	—	—	—	—
2,5	11	—	РП-2,5	ВФД-11	В-35	—	—	—	—	—	—	—
4	13	—	РП-6	ВФД-13,5	В-35	4,5	60	—	—	—	—	—

* Длина винтов и глухарей приведена для случая прикрепления роликов на неоштукатуренных деревянных поверхностях. При оштукатуренной поверхности длина винтов и глухарей должна быть увеличена на толщину штукатурки.

** В графе „Длина глухарей" числитель означает длину глухарей для прикрепления роликов на прямых участках, знаменатель—для прикрепления угловых и концевых роликов.

Таблица 40

Выбор резиновых полутвердых трубок для скрытой проводки проводом марок ПР-500 и АПР-500

Число проводов в трубке	Сечение проводов в *мм*²												
	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120
	Внутренний диаметр трубок в мм												
1	9	9	11	11	13*	16*	16	16	23	23	29	29	36
2	11	11	13	16	16	23	23	29	29	36	—	—	—
3 или 4	16	16	16	23	23	29	29	36	36	—	—	—	—

* На коротких участках с числом тупых углов (больше 90°) не более двух и на прямых участках длиной не более 5 *м* (между коробками) применяют трубку ближайшего меньшего диаметра.

Таблица 41

Выбор диаметров (в дюймах) стальных, стеклянных, и изоляционных бумажных труб для прокладки проводов с медными и алюминиевыми[1] жилами

Сечение провода в *мм*²	Число одножильных проводов марок ПР-500, АПР-500 и ПРТО-500 в трубе			Один многожильный провод марки ПРТО-500 в трубе		
	2	3	4	двухжильный	трехжильный	четырехжильный
1,5	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
2,5	1/2	3/4	3/4	1/2	3/4	3/4
4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
6	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
10	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1 1/4	1	1 1/4	1 1/4
25	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/2
35	1 1/4	1 1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	1 1/2
50	1 1/2	1 1/2	2	2	2	2
70	2	2	2 1/2	2	2	2 1/2
95	2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2	2 1/2
120	2 1/2	2 1/2	3	2 1/2	2 1/2	3

[1] Наименьшее допустимое сечение провода марки АПР-500 — 2,5 *мм*².

6. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВНУТРЕННИХ ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 500 *в*

1) Приемка в эксплуатацию внутренних электросетей

Для приемки в эксплуатацию вновь сооруженной электрической сети должны быть представлены: планы силовой и осветительной сети; расчетные схемы или таблицы сетей; схема заземления и зануления; прото-

колы испытания изоляции, защитного заземления и проверки падения напряжения в заземляющих магистралях и ответвлениях.

При приемке в эксплуатацию выполненной электросети должна быть произведена проверка: соответствия проекту и действующим «Правилам устройства электроустановок» схемы сети, марок и сечения проводов; расстояний между проводами, между проводами и землей, между точками закрепления проводов; качество соединений и оконцеваний проводов и шнуров наружным осмотром; исправности цепей — контрольной лампой или индуктором без разъединения проводов в коробках; натяжения проводов и шнуров; сопротивления изоляции (мегомметром до 500 *в* между фазами или полюсами и между каждой фазой или полюсом и землей).

2) Испытание электропроводок в процессе эксплуатации

Таблица 42

Сроки испытания электропроводок

Перечень испытаний	Срок испытаний
Измерение сопротивления изоляции в нормальных помещениях	Один раз в год
То же, в помещениях сырых, а также в помещениях с едкими парами и газами	Не реже двух раз в год
Проверка нагрузок и напряжения в отдельных точках электросети по показаниям измерительных приборов на щитах или токоизмерительными клещами и переносными вольтметрами	Два-три раза в год
Контроль температуры в местах прохождения сети вблизи теплопроводов, горячих поверхностей оборудования и других источников тепла	Периодичность контроля определяется местной инструкцией

Примечание Сопротивление изоляции смонтированных или прошедших капитальный ремонт элементов электрической сети в нормальных помещениях (на участке между двумя смежными предохранителями или другими защитными аппаратами или за последним предохранителем или аппаратом) должно быть не менее 1 000 *ом* на каждый вольт рабочего напряжения сети. Для электрической сети, находящейся в эксплуатации, сопротивление изоляции считается недостаточным, если величина сопротивления изоляции по отношению к указанной величине снизилась на 50% и более.

3) Осмотры внутренних электрических сетей

При осмотре электрической сети необходимо проверять: провес проводов, расстояния между проводами, проводами и землей; состояние наружной изоляции проводов, втулок, воронок, трубок в проходах через стены и перекрытия, изоляторов, роликов, крепления проводов, надписей и предупреждающих плакатов; уставку автоматов, соответствие плавких вставок и предохранителей; отсутствие влаги и загрязненности оборудования; состояние окраски токоведущих частей; надежность заземляющих проводов; исправность защиты изолированных проводов от механических повреждений.

Перед включением электрической сети после нахождения ее без напряжения более 1 месяца должны быть произведены осмотр и измерение сопротивления изоляции.

Сроки осмотров и ремонтов проводок

Таблица 43

Виды проводок	Сроки осмотров и ремонтов в цехах					
	с нормальной средой	сырых	пыльных	с едкими парами или газами	взрывоопасных	пожароопасных
Открытая прокладка изолированных проводов на роликах или изоляторах	Один раз в 3 месяца	Один раз в месяц			—	Один раз в месяц
Открытая прокладка голых проводов на роликах или изоляторах	Один раз в 6 месяцев	Один раз в 3 месяца		—	—	—
Скрытая прокладка (осмотр ответвительных и соединительных коробок)	То же	—	Один раз в месяц	—	—	Один раз в 3 месяца
Открытая прокладка проводов в изоляционных трубках с металлической оболочкой и проводов ТПРФ	»	—	То же	—	—	То же
Открытая прокладка освинцованных проводов	»	Один раз в 3 месяца	Один раз в 3 месяца	Один раз в 3 месяца	—	»
Прокладка проводов в газовых трубах	»	То же	Один раз в 6 месяцев	То же	Один раз в 3 месяца	»

РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ

ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ И ИХ ЭКСПЛУАТАЦИЯ

I. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Для электроснабжения строительных площадок следует применять в первую очередь инвентарные комплектные трансформаторные подстанции (КТП) и комплектные распределительные устройства (КРУ).

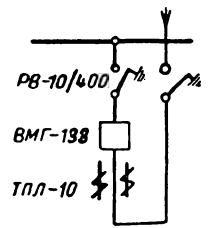
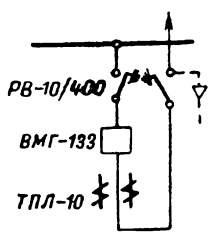
При отсутствии инвентарных комплектных устройств и необходимости строительства временных подстанций рекомендуется распределительные устройства выполнять по упрощенным схемам — с одной системой шин (при необходимости секционированных), с присоединением к одному выключателю двух радиальных линий, а трансформаторные подстанции — в однотрансформаторном исполнении с наружной установкой трансформаторов (при условии надежного их ограждения). Присоединение трансформаторных подстанций к ЛЭП следует производить глухой отпайкой или через разъединители.

Трансформаторные подстанции на напряжение 35 *кв* рекомендуется, как правило, выполнять с короткозамыкателями и в необходимых случаях с отделителями. Масляные выключатели (или другие высоковольтные выключатели) должны применяться только в тех случаях, когда разъединители в комплекте с предохранителями или короткозамыкатели по техническим данным применяться не могут.

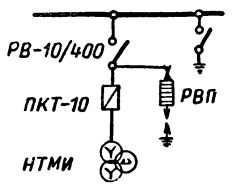
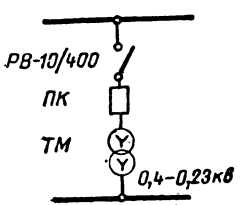
2. КОМПЛЕКТНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА (КРУН) И КОМПЛЕКТНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ (КТП) ДЛЯ НАРУЖНОЙ УСТАНОВКИ

Таблица 1

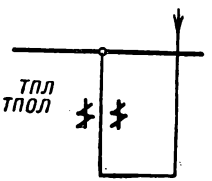
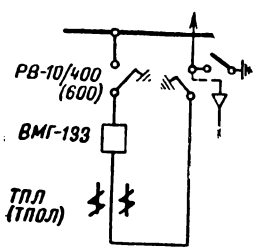
Шкафы КРУН на напряжение до 10 *кв*

Принципиальная схема	Наименование шкафа	Техническая характеристика	Тип шкафа
Серия К-V (габарит 1 000×1 600×2 700 *мм*)			
	Шкаф ввода с выключателем ВМГ-133	10 *кв*, 400 *а*, привод ПГМ-10 (УПГП с АМР)	Ш-126
	Шкаф отходящей линии с выключателем ВМГ-133	10 *кв*, 400 *а*, привод ПГМ-10 (УПГП с АМР)	Ш-131
		10 *кв*, 400 *а*, привод ПРБА	Ш-133

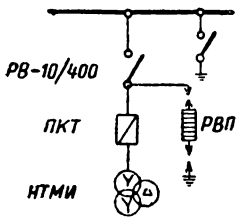
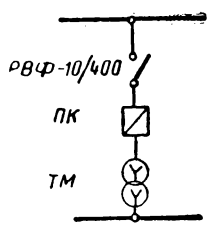
Продолжение табл. 1

Принципиальная схема	Наименование шкафа	Техническая характеристика	Тип шкафа
	Шкаф трансформатора напряжения и разрядников	10 *кв*, НТМИ-10	Ш-136
		6 *кв*, НТМИ-6	Ш-137
	Шкаф трансформатора собственных нужд 10/0,4÷0,23 *кв*	10 *кв*, ТМ-20-50	Ш-138
		6 *кв*, ТМ-20-50	Ш-139

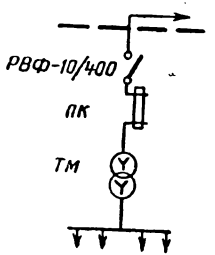
Продолжение табл. 1

Принципиальная схема	Наименование шкафа	Техническая характеристика	Тип шкафа
Серия К-VI (габарит 1 000×1 600×3 100 *мм*)			
	Шкаф глухого ввода	10 *кв*, 1 000 *а*	Ш-162
		10 *кв*, 400 *а*	Ш-181
	Шкаф ввода или отходящей линии с выключателем ВМГ-133	10 *кв*, 600 *а*, привод УПГП с АМР	Ш-153
		10 *кв*, 400 *а*, привод ПС-10	Ш-163
		10 *кв*, 400 *а*, привод ПРБА	Ш-152
		10 *кв*, 400 *а*, привод УПГП с АМР	Ш-164

Продолжение табл. 1

Принципиальная схема	Наименование шкафа	Техническая характеристика	Тип шкафа
	Шкаф трансформатора напряжения и разрядников	10 *кв*, НТМИ-10	Ш-165
		6 *кв*, НТМИ-6	Ш-166
	Шкаф трансформатора собственных нужд 10/0,4÷0,23 *кв*	10 *кв*, ТМ-20-50	Ш-167
		6 *кв*, ТМ-20-50	Ш-168
		10 *кв*, ТМ-100	Ш-157
		6 *кв*, ТМ-100	Ш-158

Продолжение табл. 1

Принципиальная схема	Наименование шкафа	Техническая характеристика	Тип шкафа
	Шкаф трансформатора собственных нужд, подключенного на вводе	10 *кв*, 100 *ква*	Ш-176
		6 *кв*, 100 *ква*	Ш-177

Примечание. Шкафы отходящих линий серии К-V могут быть изготовлены без линейных разъединителей.

Комплектные трансформаторные подстанции (КТП)

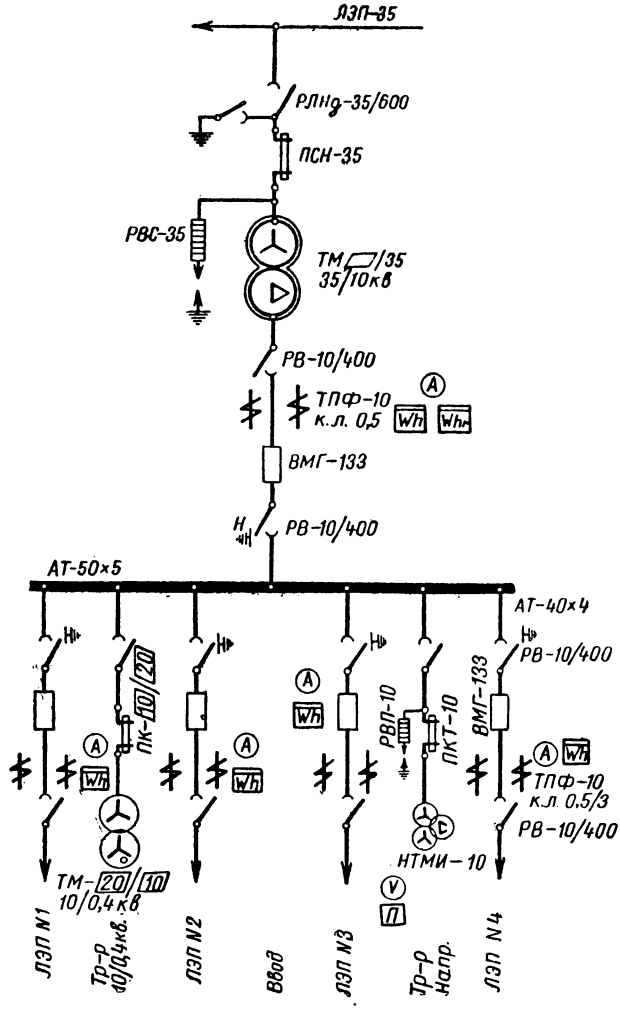


Рис. 10. Схема комплектной трансформаторной подстанции наружной установки на напряжение 35 *кв* с трансформатором мощностью 1 800 *ква*

Таблица 2

Технические данные (КТП) наружной установки на напряжение 35 *кв*

Параметры подстанций	Технические данные подстанции	
	однотрансформаторных (рис. 10)	двухтрансформаторных
Тип	КТП-1800	КТП 2×1800
Мощность в *ква*	От 560 до 1 800	От 2×560 до 2×1800
Номинальное напряжение со стороны питания в *кв*	35	35
Номинальное напряжение отходящих линий в *кв*	10	10
Количество отходящих линий 10 *кв*	4	8
Вес (без силового трансформатора) в *т*	14,8	—
Ввод 35 *кв*	Воздушный	
Выводы 10 *кв*	Воздушные или кабельные	
Условия эксплуатации	Без постоянного персонала	

Таблица 3

Технические данные КТП на напряжение 10 *кв*

Тип КТП	Тип силового трансформатора	Номинальная мощность в *ква*	Номинальный ток плавкой вставки в *а*	Номинальный вторичный ток в *а*	Тип установочного автомата	Установка на ток тепловой защиты в *а*	Установка на ток максимальной защиты в *а*	Номинальный ток фидеров в *а*			
								фидер № 1	фидер № 2	фидер № 3	фидер № 4
КТП-20/10	ТМФ-20/10	20	3	28,9	А-3124	30	—	10	25	25	—
КТП-30/10	ТМФ-30/10	30	5	43,3	А-3124	40	430	20	25	35	—
КТП-50/10	ТМФ-50/10	50	7,5	72,2	А-3124	80	600	25	25	25	35
КТП-100/10	ТМФ-100/10	100	15	144,5	А-3124	140	1 000	60	35	25	60

Комплектные трансформаторные подстанции (выпускаемые заводами Главэлектромонтажа Министерства строительства РСФСР)

Комплектные трансформаторные подстанции (КТП), состоящие из отдельных транспортабельных секций и предназначенные для наружной установки, выпускаются двух типов:

а) КТПН-180/320 — с силовым трехфазным трансформатором 180 или 320 *ква*, 6-10/0,4 — 0,23 *кв* — имеет кабельный ввод, линию, отходящую и к силовому трансформатору, трехпанельный щит низкого напряжения с двумя отходящими линиями на 200 *а*, четырьмя на 100 *а*, четырьмя осветительными линиями и понизительным трансформатором 220/12 *в* для освещения подстанции;

б) КТПН-560 — с силовым трехфазным трансформатором 560 *ква*, 6—10/0,4—0,23 *кв* — имеет трансформатор напряжения типа НТМИ-10 (или два однофазных НОМ-10), кабельный ввод, отходящую линию, линию к силовому трансформатору и к трансформатору напряжения, пятипанельный щит с двумя отходящими линиями 350 *а*, пятью отходящими линиями 200 *а*, пятью осветительными линиями и понизительным трансформатором 220/12 *в* для освещения подстанции.

3. ТРАНСФОРМАТОРЫ СИЛОВЫЕ ДВУХОБМОТОЧНЫЕ С ЕСТЕСТВЕННЫМ МАСЛЯНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

Таблица 4

Основные технические данные по силовым трансформаторам

Наименование параметров	ТСМ-20/6	ТСМ-20/10	ТСМ-35/6	ТСМ-35/10	ТСМ-60/6	ТСМ-60/10	ТСМ-100/6	ТСМ-100/10	ТСМ-180/6
Номинальная мощность в *ква*	20	20	35	35	60	60	100	100	180
Номинальное напряжение обмотки ВН в *кв*	6	10	6	10	6	10	6	10	6
Номинальное напряжение обмотки НН в *кв*	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
К.п.д. при номинальной нагрузке и cos $\varphi=1$ в %	96,76	96,76	97,07	97,07	97,25	97,25	97,45	97,45	97,83
Падение напряжения при номинальной нагрузке и cos $\varphi=1$ в %	2,64	2,64	2,45	2,45	2,24	2,24	2,15	2,15	1,87
Напряжение короткого замыкания в % от номинального напряжения	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4, 5	4,5	4,5	4,5
Ток холостого хода в % от номинального тока		,5	8,5	8,5	7,5	7,5	6,5	6,5	6
Вес выемной части в *кг*	140	140	185	185	255	255	345	345	500
» масла в *кг*	80	80	105	105	130	130	170	170	245
Полный вес трансформатора в *кг*	295	295	355	355	480	480	610	610	955
Габаритные размеры в *мм*:									
длина	850	850	905	905	995	995	1 065	1 065	1 580
ширина	380	380	395	395	905	905	925	925	965
высота (до наиболее высокой точки)	950	950	980	980	1 040	1 040	1 105	1 105	1 365

Продолжение табл. 4

Наименование параметров	ТСМ-180/10	ТСМ-320/6	ТСМ-320/10	ТСМ-560/6	ТСМ-560/10	ТМ-750/10	ТМ-1000/10	ТМ-1000/35	ТМ-1800/35
Номинальная мощность в *ква*	180	320	320	560	560	750	1 000	1 000	1 800
Номинальное напряжение обмотки ВН в *кв*	10	6	10	6	10	10	10	35	35
Номинальное напряжение обмотки НН в *кв*	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	10	10
К.п.д. при номинальной нагрузке и $\cos\varphi=1$ в %	97,83	98,38	98,38	98,39	98,39	97,91	98,05	98,03	98,24
Падение напряжения при номинальной нагрузке и $\cos\varphi=1$ в %	1,87	1,6	1,6	1,38	1,38	1,73	1,64	1,70	1,53
Напряжение короткого замыкания в % от номинального напряжения	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	5,5	5,5	6,5	6,5
Ток холостого хода в% от номинального тока	6	5,5	5,5	5	5	6	5	5,5	5
Вес выемной части в *кг*	500	750	750	1 150	1 150	1 900	2 380	2 850	3 900
„ масла в *кг*	245	385	385	630	630	1 550	1 680	2 170	3 130
Полный вес трансформатора в *кг*	955	1 390	1 390	2 150	2 150	4 270	4 980	6 380	9 070
Габаритные размеры в *мм*:									
длина	1 580	1 820	1 820	2 020	2 020	2 405	2 570	2 810	2 960
ширина	965	1 120	1 120	1 250	1 250	1 520	1 660	1 670	1 740
высота (до наиболее высокой точки)	1 365	1 645	1 645	2 030	2 030	2 470	2 570	3 050	3 430

4. ВЫКЛЮЧАТЕЛИ НА НАПРЯЖЕНИЕ ДО 35 кв

Основные технические данные по высоковольтным выключателям

Таблица 5

Тип выключателя	Номинальное напряжение в кв	Номинальный ток в а	Мощность предельная, отключаемая в мва, при			Устойчивость при сквозных токах короткого замыкания				Тип привода	Время включения выключателя с приводом в сек.	Время отключения (до погашения дуги) выключателя с приводом в сек.	Вес выключателя в кг	
						предельный сквозной ток в кА		расчетный ток термической устойчивости в кА						
			6 кв	10 кв	35 кв	амплитуда	эффективное значение	в течение 5 сек.	в течение 10 сек.				без масла	вес масла
ВМБ-10	6—10	200	100	100	—	25	15	—	6	ПРАМ-10	0,25—0,3	0,06—0,07	120	50
		400	100	100	—	25	15	—	10					
		600	100	100	—	25	15	—	10					
ВМЭ-6	6	200	15	—	—	16,8	10	8,5	6	ПРБА	—	0,15	55	15
ВМГ-133	6—10	400	200	200	—	52	30	20	14	ПРБА	—	0,1	170	5
		600	200	350	—	52	30	20	14	ПС-10	0,23	0,1	190	10
ВГ-10	6—10	400	200	300	—	52	30	—	10	ППР-21	—	0,1	Безмасляный. Вес выключателя с приводом 300 кг	
МКП-35	35	600	—	—	750	30	17,3	12,5	9	ШПС-30	0,43	0,08	2 600	800
		1 000	—	—	750	30	17,3	12,5	9					
ВМ-35	35	600	—	—	400	17,3	10	10	7,1	ШПР-35	—	0,12	990	300
МГ-35	35	600	—	—	500	20	14,5	—	7	ШПК-20	0,25	0,08	965	35

5. ВЫКЛЮЧАТЕЛИ НАГРУЗКИ ВН-16 И ВНП-16
(с пристроенными предохранителями)

Таблица 6

Электрическая характеристика выключателей нагрузки

Номинальное напряжение в *кв*	Номинальный ток в *а*	Наибольший ток отключения в *а*	Устойчивость при сквозных токах короткого замыкания (расчетная)			Тип привода	Вес в *кг*	
			предельный сквозной ток в *кА*		10-секундный ток термической устойчивости в *кА*		выключателя	привода
			амплитуда	эффективное значение				
6	400	800	25	14,5	6	ПРА-12	36	16
						ПС-10 М	36	46
10	200	400	—	—	—	ПР-16	36	6

Примечания. 1. Электрические характеристики выключателей ВН-16 и ВНП-16 (с пристроенными предохранителями) одинаковы.

2. Выключатели нагрузки ВНП-16 комплектуются такими же приводами, как и выключатели нагрузки ВН-16.

3. Вес выключателей нагрузки ВНП-16 без привода колеблется в пределах от 50 до 64 *кг* (в зависимости от типа пристроенного предохранителя).

4. Промышленностью освоен выпуск выключателей нагрузки ВНП-17, отличающихся от выключателей нагрузки ВНП-16 наличием устройства для подачи команды на отключающий электромагнит привода при перегорании плавкой вставки любого из трех предохранителей. Выключатель ВНП-17 управляется ручным приводом ПРА-17 или электромагнитным приводом ПС-10.

Таблица 7

Электрические характеристики предохранителей к выключателям нагрузки ВНП-16

Номинальное напряжение в *кв*	Тип предохранителя	Наибольший номинальный ток патрона в *а*	Фактическое значение предельного тока отключения в $кА_{макс}$	Мощность отключения (трехфазная) в *мва*	Ток включения (расчетное значение тока короткого замыкания) в *кА*
6	ПК-6,30	30	6,7	300	20
	ПК-6,75	75	14	300	20
	ПК-6,150	150	30	300	—
10	ПК-10,30	30	5,5	300	9
	ПК-10,15	50	8,6	300	9
	ПК-10,100	100	15,5	300	6,5

6. РАЗЪЕДИНИТЕЛИ

Таблица 8

Основные технические данные по разъединителям

Тип разъединителя	Номинальное напряжение в *кв*	Номинальный ток в *а*	Устойчивость при токах короткого замыкания: максимальный допускаемый ток короткого замыкания в *кА* — амплитуда	Устойчивость при токах короткого замыкания: максимальный допускаемый ток короткого замыкания в *кА* — эффективное значение	Устойчивость при токах короткого замыкания: ток термической устойчивости в *кА* в течение 5 сек.	Устойчивость при токах короткого замыкания: ток термической устойчивости в *кА* в течение 10 сек.	Вес в *кг*
Разъединители для внутренней установки							
а) Однополюсные на двух опорных изоляторах							
РВО-6/400	6	400	50	29	14	10	8,4
РВО-6/600	6	600	60	35	20	14	9
РВО-10/400	10	400	50	29	14	10	8,6
РВО-10/600	10	600	60	35	20	14	9,2
б) Трехполюсные на шести опорных изоляторах на металлической раме							
РВ-6/400	6	400	50	20	—	10	24
РВ-6/600	6	600	60	35	—	14	24,6
РВ-10/400	10	400	50	29	—	10	26,5
РВ-10/600	10	600	60	35	—	14	27,1
РВФ-6/400-II, III	6	400	50	29	—	10	35
РВФ-6/600-II, III	6	600	60	35	—	14	38
РВФ-10/400-II, III	10	400	50	29	—	10	41
РВФ-10/600-II, III	10	600	60	35	—	14	45
Разъединители для наружных установок							
РЛНД-10/200	10	200	15	6	—	4	11
РЛНД-10/400	10	400	25	10	—	6	11,5
РЛНД-10/600	10	600	35	14	—	9	12
РЛНД-35/600	35	600	80	31	—	10	60
РОНЗ-35/600	35	600	50	29	—	10	140

7. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ

Таблица 9

Основные технические данные по трансформаторам напряжения

Тип	Номинальный коэффициент трансформации	Номинальная мощность в *ва* при классе точности 0,5	1	3	Максимальная мощность в *ва*	Вес трансформатора в *кг*: общий с маслом	масла
Для внутренней установки							
НОМ-6	6000/100	50	80	200	600	23	4,7
НОМ-10	10000/100	80	150	320	720	36,2	7,3
НТМК-6	6000/100	80	150	320	640	47,5	15
НТМК-10	10000/100	120	200	480	960	110	27
НТМИ-6	6000/100	80	150	320	640	105	32
НТМИ-10	10000/100	120	200	480	960	190	70
Для наружной установки							
НОМ-35	35000/100	150	250	600	1 200	248	75

8. ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА

Таблица 10

Трансформаторы тока проходные многовитковые на номинальное напряжение 6 ÷ 10 *кв*

Основные технические данные

Номенклатурное обозначение	Номинальный первичный ток в *а*	Обозначение сердечника	Класс точности	Номинальная вторичная нагрузка в *ом*	Вес в *кг*
ТПЛ-10Р-5÷300/5*а*	От 5 до 300	Р	0,5	0,6	9±0,5
ТПЛ-10Р-400/5*а*	400	Р	0,5	0,6	9±0,5
ТПЛУ-10Р-10÷100/5*а*	От 10 до 100	Р	0,5	0,6	9±0,5
ТПЛ-10-0,5/Р-5÷300/5*а*	„ 5 „ 300	0,5/Р	0,5 0,5	0,4 0,6	15±0,5
ТПЛ-10-0,5/Р÷400/5*а*	400	0,5/Р	0,5 0,5	0,4 0,6	15±0,5
ТПЛУ-10-0,5/Р-10÷100/5*а*	От 10 до 100	0,5/Р	0,5 0,5	0,4 0,6	15±0,5
ТПЛ-10-Р/Р-5÷300/5*а*	„ 5 „ 300	Р/Р	0,5 0,5	0,6 0,6	17±0,5
ТПЛ-10-Р/Р-400/5*а*	400	Р/Р	0,5 0,5	0,6 0,6	17±0,5
ТПЛУ-10-Р/Р-10÷100/5*а*	От 10 до 100	Р/Р	0,5 0,5	0,6 0,6	17±0,5

Примечание. Обозначение трансформаторов тока: Т—трансформатор тока, П—проходной многовитковый, Л—с литой изоляцией, У—усиленный. Сердечник Р может быть использован в классе 0,5 при нагрузке 0,6 *ом* и в классе 3 при нагрузке 1,2 *ом*.

Таблица 11

Трансформаторы тока на номинальное напряжение 0,5 *кв*

Основные технические данные

Тип	Номинальный первичный ток в *а*	Номинальная мощность вторичной цепи в *ва*	Номинальная вторичная нагрузка в *ом*	Пределы вторичной нагрузки, при которой гарантируется класс точности 0,5 в *ом*
О-49У	От 5 до 800	5	0,2	0,15—0,2
ТКМ-0,5	„ 5 „ 800	10	—	0,15—0,4
ТКМ-0,5*	„ 5 „ 800	20	0,8	0,2—0,8**

*Повышенной мощности, класса точности 1.

**Указаны пределы вторичной нагрузки, при которой гарантируется класс точности 1.

9. ПРЕДОХРАНИТЕЛИ НА НАПРЯЖЕНИЯ 6—35 *кв*

Таблица 12

Предохранители высокого напряжения с кварцевым заполнением силовые

Тип предохранителя	Наибольший номинальный ток патрона в *а*	Наименьший отключаемый ток в долях от номинального	Наибольший отключаемый ток с учетом апериодической составляющей в $кА_{эфф}$	Наибольшая разрывная мощность (трехфазная) в *мва*	Наибольший пик тока при отключении предельного тока короткого замыкания в *кА*	Общий вес предохранителя с патроном без цоколя в *кг*
Для внутренней установки						
ПК-6/30	30	Не ограничен	30	300	6,7	3,81
ПК-6/75	75	1,3	30	300	14	5,11
ПК-10/30	30	Не ограничен	18	300	5,5	4,82
ПК-10/50	50	1,3	18	300	8,6	6,36

Продолжение табл. 12

Тип предохранителя	Наибольший номинальный ток патрона в *а*	Наименьший отключаемый ток в долях от номинального	Наибольший отключаемый ток с учетом апериодической составляющей в $кА_{эфф}$	Наибольшая разрывная мощность (трехфазная) в *мва*	Наибольший пик тока при отключении предельного тока короткого замыкания в *кА*	Общий вес предохранителя с патроном без цоколя в *кг*
ПК-10/100	100	1,3	18	300	15,5	9,42
ПК-35/10	10	Не ограничен	5	300	1,8	17,46
ПК-35/20	20	3	5	300	2,8	19,9
ПК-35/40	40	3	5	300	4,2	24,74
Для наружной установки						
ПК-6н/30	30	Не ограничен	30	300	6,7	7,05
ПК-10н/30	30	»	18	300	5,5	7,36

Примечание. Шкала номинальных токов плавких вставок к приведенным в настоящей таблице предохранителям типа ПК содержит токи 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75 и 100 *а*.

Таблица 13

Предохранители высокого напряжения с кварцевым заполнением к трансформаторам напряжения

Тип предохранителя	Номинальное напряжение сети в *кв*	Наибольшая разрывная мощность (трехфазная) в *мва*	Наибольший отключаемый ток короткого замыкания в $кА_{эфф}$	Активное сопротивление патрона в *ом*	Вес предохранителя без цоколя в *кг*
ПКТ-6	6	Не ограничена		45	4,06
ПКТ-10	10	1 000	15	45	4,06
ПКТ-35	35	1 000	17	144	17,46

10. СТАНЦИОННЫЕ ИЗОЛЯТОРЫ

Таблица 14

Основные технические данные по изоляторам 6—35 *кв*

Тип изолятора	Номинальное напряжение в *кв*	Номинальный ток в *а*	Наибольшее рабочее напряжение в *кв*	Сухое разрядное напряжение в *кв*, не ниже,	Мокрое разрядное напряжение в *кв* (не ниже)	Минимальная разрушающая нагрузка на изгиб в *кг*	Вес в *кг* (около)
Опорные изоляторы для внутренних установок							
ОА-6-кр	6	—	6,9	35	—	375	2,4
ОА-6-ов	6	—	6,9	35	—	375	2,6
ОА-10-кр	10	—	11,5	46	—	375	2,5
ОА-10-ов	10	—	11,5	46	—	375	2,9
ОА-35-кр	35	—	40,5	110	—	375	6,6
ОА-35-ов	35	—	40,5	110	—	375	7,4
ОБ-6-кр	6	—	6,9	35	—	750	4,2

Продолжение табл. 14

Тип изолятора	Номинальное напряжение в *кв*	Номинальный ток в *а*	Наибольшее рабочее напряжение в *кв*	Сухое разрядное напряжение в *кв* (не ниже)	Мокрое разрядное напряжение в *кв* (не ниже)	Минимальная разрушающая нагрузка на изгиб в *кг*	Вес в *кг* (около)
ОБ-6-ов	6	—	6,9	35	—	750	4,9
ОБ-10-кр	10	—	11,5	46	—	750	4,6
ОБ-10-ов	10	—	11,5	46	—	750	5,5
ОБ-35-кв	35	—	40,5	110	—	750	12,5
ОВ-10-кв	10	—	11,5	46	—	1 250	7,9
ОД-10-кв	10	—	11,5	46	—	2 000	7,8
ОМА-6	6	—	6,9	35	—	375	1,12
ОМА-10	10	—	11,5	46	—	375	1,46
Опорно-штыревые изоляторы для наружных установок							
ШН-6	6	—	6,9	38	28	375	2,8
ШН-10	10	—	11,5	50	34	500	4,1
ИШД-10	10	—	11,5	50	34	2 000	12,7
ШТ-35	35	—	40,5	120	80	1 250	32
ИШД-35	35	—	40,5	120	85	2 000	44,6
Проходные изоляторы для внутренних установок							
ПА-6/250	6	250	6,9	35	—	375	3,3
ПА-6/400	6	400	6,9	35	—	375	3,5
ПБ-6/400	6	400	6,9	35	—	750	4,8
ПБ-10/250	10	250	11,5	46	—	750	5,9
ПБ-10/400	10	400	11,5	46	—	750	6,1
ПБ-10/600	10	600	11,5	46	—	750	6,6
ПБ-35/400	35	400	40,5	110	—	750	26,8
ПБ-35/600	35	600	40,5	110	—	750	28,5
Проходные изоляторы для наружных установок							
ПНБ-6/400	6	400	6,9	38	28	750	9,31
ПНБ-6/600	6	600	6,9	38	28	750	9,91
ПНБ-10/400	10	400	11,5	50	34	750	10,13
ПНБ-10/600	10	600	11,5	50	34	750	10,82
ПНБ-35/400	35	400	40,5	120	80	750	30,3
ПНБ-35/600	35	600	40,5	120	80	750	32,1

11. ШИНЫ

Таблица 15

Наибольшие допустимые длительные нагрузки на алюминиевые окрашенные шины прямоугольного сечения при температуре воздуха + 25° и вес шин

Размер полосы в *мм*	Сечение в *мм*^{2}	Вес *пог. м* в *кг*	Допустимая нагрузка в *а*
15×3	45	0,12	165
20×3	60	0,16	215
25×3	75	0,2	265
30×4	120	0,32	365

Продолжение табл. 15

Размер полосы в *мм*	Сечение в *мм²*	Вес *пог. м* в *кг*	Допустимая нагрузка в *а*
40×4	160	0,43	480
40×5	200	0,54	540
50×5	250	0,68	665
50×6	300	0,81	740
60×6	360	0,97	870
60×8	480	1,3	1 025
60×10	600	1,62	1 155

Таблица 16

Наибольшие допустимые длительные нагрузки на стальные окрашенные шины прямоугольного сечения при температуре воздуха +25° и вес шин

Размеры полосы в *мм*	Сечение в *мм²*	Вес 1 *пог.м* в *кг*	Допустимая нагрузка в *а*	Размер полосы в *мм*	Сечение в *мм²*	Вес 1 *пог.м* в *кг*	Допустимая нагрузка в *а*
20×3	60	0,47	65	20×4	80	0,63	70
—	—	—	—	22×4	88	0,69	75
25×3	75	0,59	80	25×4	100	0,79	85
30×3	90	0,71	95	30×4	120	0,94	100
—	—	—	—	35×4	140	1,09	120
40×3	120	0,94	125	40×4	160	1,26	130
50×3	150	1,18	155	50×4	200	1,57	165
60×3	180	1,41	185	60×4	240	1,88	195
70×3	210	1,65	215	70×4	230	2,2	225
75×3	225	1,76	230	—	—	—	—
80×3	240	1,88	245	80×4	320	2,51	260
90×3	270	2,1	275	90×4	360	2,8	290
100×3	300	2,35	305	100×4	400	3,14	325

Таблица 17

Наибольшие допустимые длительные нагрузки на алюминиевые окрашенные шины круглого сечения при температуре воздуха + 25° и вес шин

Диаметр шины в *мм*	Сечение в *мм²*	Вес 1 *пог.м* в *кг*	Допустимая нагрузка на шины в *а*
6	28,3	0,08	120
7	38,5	0,1	150
8	50,3	0,14	180
10	78,5	0,21	245
12	113,1	0,31	320
14	153,9	0,42	390
15	176,7	0,48	435
16	201,1	0,54	475
18	254,5	0,69	560
19	283,5	0,77	605
20	314,2	0,85	650
21	346,4	0,95	695
22	380,1	1,04	740
25	490,9	1,34	885

Примечания. 1. Нагрузка на шины прямоугольного сечения приведена для расположения шин на ребро. При расположении шин плашмя допустимые нагрузки должны быть снижены: на 5% для шин шириной 60 *мм* и на 8% для шин шириной более 60 *мм*.

2. Применение медных шин для распределительных устройств и подстанций запрещено.

II. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

1. ПРИЕМКА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Перед включением под напряжение новых распределительных устройств должны быть проведены следующие проверки и испытания:

1) проверка соответствия выполненной установки проекту;

2) проверка: соединений шин, проводов и аппаратов, правильности фазировки, работы приводов, правильности работы сигнальных устройств, установленных плавких вставок, исправности работы коммутационной аппаратуры, плотности контактов и одновременности их касания, а также нагрева их;

3) испытания: масла, взятого из маслонаполненных аппаратов и вводов, устройств релейной защиты и измерительных приборов, заземляющих устройств, защиты от перенапряжений;

4) измерение сопротивления изоляции и испытание повышенным напряжением вторичных цепей и катушек приводов;

5) испытание изоляции высоковольтного электрооборудования повышенным напряжением;

6) проверка наличия противопожарных средств, защитных устройств по технике безопасности, переносных заземлений, надписей, замков и пр.

2. СРОКИ ОСМОТРОВ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПОДСТАНЦИЙ

Осмотр силовых трансформаторов должен производиться:

1) в установках без постоянного дежурства персонала: трансформаторов мощностью до 560 *ква* — один раз в 3 месяца, трансформаторов мощностью от 560 до 3 200 *ква* — не реже одного раза в месяц;

2) в установках с постоянным дежурством персонала — один раз в смену;

3) при каждом отключении трансформатора от защиты и при появлении сигнала от газового реле, а также при резком изменении температуры наружного воздуха.

При наружном осмотре трансформатора без отключения следует проверять: уровень масла в расширителе, состояние изоляторов, характер гудения трансформатора, температуру масла, состояние ошиновки и кабелей, чистоту поверхности трансформатора и изоляторов, состояние кожуха и отсутствие течи масла, целость дверей и состояние трансформаторного помещения. Кроме указанного, один раз в месяц следует производить осмотр состояния заземления, проверку маслоуказательных стекол, спуск скопившейся на дне расширителя влаги.

Температура масла в трансформаторе не должна превышать +95°. Для предупреждения ускоренного старения масла температуру верхних его слоев следует поддерживать не выше +85°.

Осмотр распределительных устройств без снятия напряжения должен производиться:

а) в устройствах без постоянного дежурства персонала — не реже одного раза в месяц (сроки устанавливаются местными инструкциями);

б) в устройствах с постоянным дежурством персонала — один раз в сутки и, кроме того, один раз в неделю в темноте (для выявления разрядов, коронирования и пр.).

После отключения коротких замыканий производятся внеочередные осмотры.

Открытые распределительные устройства должны осматриваться чаще.

3. СРОКИ РЕМОНТА СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ И ОБОРУДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Текущие ремонты силовых трансформаторов без их отключения и выемки сердечника должны производиться не реже одного раза в год. Сроки устанавливаются местными инструкциями в зависимости от условий эксплуатации.

Текущий ремонт трансформатора включает следующие работы: наружный осмотр, доливку масла, проверку маслоуказательного устройства, проверку спускного крана и уплотнений, подтяжку болтов, спуск грязи из расширителя, проверку пробивных предохранителей (в тех случаях, когда они имеются); проверку состояния заземления; проверку сопротивления изоляции обмоток; испытания трансформаторного масла; проверку газовой защиты.

Капитальные ремонты трансформаторов с выемкой сердечника производятся через 5 лет после включения в эксплуатацию и в дальнейшем через каждые 5—10 лет в зависимости от результатов измерений и осмотров.

Капитальный ремонт герметизированных трансформаторов производится: при разъемном кожухе — один раз в 15 лет, при заваренном кожухе — лишь в тех случаях, когда профилактические испытания указывают на необходимость вскрытия.

Внеочередные капитальные ремонты трансформаторов производятся в зависимости от результатов измерений и осмотров.

Капитальный ремонт трансформатора включает следующие работы: вскрытие трансформатора, подъем сердечника и осмотр его; ремонт выемной части; ремонт расширителя, выхлопной трубы, радиаторов, кранов и изоляторов; проверку контрольно-измерительных приборов, сигнальных и защитных устройств; очистку или замену масла; сушку изоляции (в случае необходимости); сборку трансформатора; ремонт и испытание оборудования первичной коммутации (кабелей, изоляторов, выключателей и др.); проведение установленных измерений и испытаний трансформатора.

Текущий ремонт аппаратов распределительных устройств с проверкой действия приводов и измерения изоляции мегомметром производится не реже одного раза в год.

Капитальный ремонт аппаратов с внутренним осмотром производится: выключателей и их приводов — не реже одного раза в 3 года, воздушных выключателей и их приводов — не реже одного раза в 2 года, маслонаполненных баковых измерительных трансформаторов — не реже одного раза в 9 лет, всех остальных аппаратов — по результатам профилактических испытаний и осмотров.

Внеочередный капитальный ремонт масляных и воздушных выключателей производится после отключения ими не более четырех коротких замыканий.

4. ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ АППАРАТОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Профилактические испытания аппаратов распределительных устройств должны производиться:

1) масляных и воздушных выключателей и их приводов — одновременно с выполнением капитального ремонта (см. выше п. 3);

2) маслонаполненных баковых измерительных трансформаторов — не реже одного раза в 3 года;

3) конденсаторов для повышения коэффициента мощности — один раз в год;

4) остальных аппаратов — не реже одного раза в 3 года;

5) штыревых изоляторов типов ШТ-35, ШТ-30 и ИШД-35 — не реже одного раза в год.

Характер испытаний — применительно к перечню, указанному выше.

При испытании изоляции оборудования, находящегося в эксплуатации (изоляторов, вводов, выключателей, обмоток высокого напряжения трансформаторов тока), следует применять следующие величины напряжения переменного тока:

номинальное напряжение в *кв*	3, 6, 10, 35
испытательное „ „ „	
а) для фарфоровых опорных изоляторов и вводов . .	24, 32, 42, 95
б) для остальной изоляции	20, 27, 36, 81

Длительность приложения испытательного напряжения — 1 мин.

5. ОПЕРАТИВНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ И ОТКЛЮЧЕНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Включение трансформатора под напряжение после монтажа или капитального ремонта разрешается производить толчком; при этом со стороны питания должна быть включена быстродействующая защита (токовая отсечка, плавкие предохранители и т. п.).

Порядок оперативного включения и отключения трансформаторов:

а) допускается включать и отключать разъединителями ток холостого хода трансформаторов мощностью:

при напряжении до 10 *кв* включительно	750 *ква*
„ „ „ 20 „ „	3 200 „
„ „ „ 35 „ „	7 500 „

Для отключения тока холостого хода трансформаторов напряжением 20 *кв* и выше рекомендуется применять трехфазные разъединители с механическим приводом и устанавливать их на открытом воздухе;

б) при наличии высоковольтного выключателя включение и отключение холостого хода трансформаторов должны производиться только выключателем.

6. АВАРИЙНЫЕ ПЕРЕГРУЗКИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Аварийные перегрузки трансформаторов при отсутствии резерва допускаются:

на 30 % — в	течение	2 час.	на	100% — в	течение	7,5 мин.
„ 60% — „	„	30 мин.	„	140% — „	„	3,5 „
„ 75% — „	„	15 мин.	„	200% — „	„	1,5 „

7. ПОРЯДОК ВВОДА В ДЕЙСТВИЕ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Выемная часть всех трансформаторов мощностью свыше 560 *ква* подлежит обязательному осмотру, который, как правило, должен производиться в закрытом помещении. Продолжительность пребывания выемной части в воздухе не должна превышать: 16 час. при сухой погоде (относительная влажность воздуха не более 65%) и 12 час. при влажной погоде (относительная влажность воздуха не более 75%). При дождливой погоде или тумане осмотр должен производиться только в помещении, имеющем температуру не менее чем на 10° выше температуры наружного воздуха.

Осмотр выемной части трансформаторов меньшей мощности необходим лишь в случае возникновения сомнений в ее целости после перевозки.

Трансформаторы мощностью до 1 800 *ква* и напряжением до 35 *кв* включительно, транспортируемые с маслом и расширителем, могут быть включены без сушки их выемной части при обязательном соблюдении указанных ниже условий.

На месте монтажа производится проверка трансформатора: внешний осмотр и проверка уровня масла в расширителе, определение пробивного напряжения и химический анализ пробы масла, измерение сопротивления изоляции обмоток мегомметром на 1 000—2 500 *в* с определением величины R_{60}/R_{15} (см. ниже) при температуре не ниже 10°.

Трансформатор может быть включен без сушки[1], если:

а) уровень масла в расширителе находится в пределах отметок маслоуказателя;

б) пробивное напряжение масла равно не менее 25 *кв* у трансформаторов с номинальным напряжением до 20 *кв* включительно и 30 *кв* — у трансформаторов с номинальным напряжением 35 *кв*;

в) в масле нет следов воды.

При несоблюдении одного из указанных трех условий возможность включения трансформатора без сушки выясняется путем дополнительных испытаний с определением тангенса угла диэлектрических потерь и емкости обмоток (отношения C_2/C_{50}) с помощью специального прибора.

Отношение R_{60}/R_{15}, называемое коэффициентом абсорбции, служит для оценки степени увлажненности обмоток трансформатора. R_{60} и R_{15} — значения сопротивления изоляции обмоток, отсчитанные соответственно через 60 и 15 сек. после приложения напряжения. Измерение сопротивления изоляции производится мегомметром; за начало отсчета принимается момент начала вращения рукоятки. Величина R_{60}/R_{15} не

[1] Сушка силовых трансформаторов как процесс, входящий в состав монтажных работ, в настоящем справочнике не рассматривается.

нормируется. Однако можно указать, что для неувлажненных обмоток эта величина при температуре 10—30° находится в пределах 1,3—2.

Для трансформаторов, увлажненных или имеющих местные дефекты в изоляции, отношение R_{60}/R_{15} приближается к 1.

8. ВЫБОР ПЛАВКИХ ВСТАВОК К ПРЕДОХРАНИТЕЛЯМ ДЛЯ ПОНИЗИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Таблица 18

Плавкие вставки к предохранителям

Мощность трансформатора в *ква*	Номинальный ток плавкой вставки предохранителя в *а*						
	при напряжении на стороне низшего напряжения в *в*				при напряжении на стороне высшего напряжения в *в*		
	127	220	380	500	3 000	6 000	10 000
10	50	25	15	—	5	3	2
20	100	50	30	25	10	5	3
30	150	80	50	30	15	7,5	5
50	250	125	80	50	20	10	7,5
100	500	250	150	125	40	20	15
135	2×350	300	200	150	50	30	15
180	3×300	500	300	200	75	40	20
240	2×500	2×350	400	200	75	40	30
320	3×500	3×300	500	350	100	50	40

Таблица 19

Длительность приложения и величина испытательного тока предохранителей

Наименование	Номинальный ток плавкой вставки в *а*	Длительность приложения испытательного тока в часах	Величина испытательного тока в *а*	
			нижнее значение	верхнее значение
Низковольтные предохранители	6 и 10	1	1,5 $I_{ном}$	2,1 $I_{ном}$
	15, 20 и 25	1	1,4 $I_{ном}$	1,75 $I_{ном}$
	35—350	1	1,3 $I_{ном}$	1,6 $I_{ном}$
	430—1 000	2	1,3 $I_{ном}$	1,6 $I_{ном}$
Высоковольтные предохранители	До 200	1	1,3 $I_{ном}$	2 $I_{ном}$

Примечание. Плавкая вставка не должна плавиться при нижнем значении испытательного тока, а должна плавиться при верхнем значении испытательного тока в течение заданного времени.

III. НАДЗОР ЗА ТРАНСФОРМАТОРНЫМ МАСЛОМ

1. ТРЕБОВАНИЯ К ЭКСПЛУАТАЦИОННОМУ МАСЛУ

Свежее трансформаторное масло при поступлении должно подвергаться лабораторному испытанию по всем показателям ГОСТа (см. раздел первый, гл. II), а также должно быть осушено; определение стабильности должно быть произведено до заливки масла в оборудование.

Трансформаторное масло, находящееся в эксплуатации, должно отвечать следующим требованиям:

1) кислотное число — не более 0,4 *мг* КОН;

2) водорастворимые кислоты, щелочи и механические примеси отсутствуют;

3) падение температуры вспышки—не более 5° от первоначальной;

4) взвешенный уголь в масле из трансформаторов отсутствует, а из выключателей — содержится незначительное количество;

5) электрическая прочность не ниже:

20 *кв* для аппаратов напряжением ниже 6 *кв*
25 „ „ „ „ „ 6—35 *кв*
35 „ „ „ „ выше 35 *кв*

Все находящееся в эксплуатации трансформаторное масло должно подвергаться лабораторным испытаниям в следующие сроки:

а) из трансформаторов и аппаратов напряжением до 10 *кв* включительно — сокращенному анализу не реже одного раза в 3 года; из трансформаторов и аппаратов напряжением до 35 *кв* включительно — на электрическую прочность один раз в год и сокращенному анализу— не реже одного раза в 3 года;

б) из трансформаторов и аппаратов напряжением выше 35 *кв* — на электрическую прочность и сокращенному анализу один раз в год;

в) из герметизированных трансформаторов — на электрическую прочность один раз в 2 года;

г) из маслонаполненных вводов — сокращенному анализу один раз в год;

д) после капитального ремонта трансформаторов и аппаратов — сокращенному анализу.

После отключения выключателем короткого замыкания немедленно должна отбираться проба масла на проверку содержания взвешенного угля.

В испытание масла на электрическую прочность входят: проверка пробивного напряжения и качественное определение содержания взвешенного угля и механических примесей.

В объем сокращенного анализа масла входят: определение температуры вспышки, электрической прочности, кислотного числа и реакции водной вытяжки, а также качественное определение содержания взвешенного угля и механических примесей.

Свежее трансформаторное масло, находящееся в резерве, должно подвергаться сокращенному анализу не реже одного раза в год и испытанию на электрическую прочность — два раза в год.

2. ОТБОР ПРОБ МАСЛА

Проба для испытания поступившего свежего масла должна быть взята отдельно из каждой тары (из каждой бочки, цистерны и др.).

Для взятия проб масла должны применяться стеклянные банки с притертыми пробками.

Количество масла, отбираемого для испытания на пробой, должно быть не менее 0,75 *л* (в каждой пробе), а для сокращенного и полного испытания — не менее 1,5 *л*. Взятие проб масла из трансформаторов и аппаратов, установленных на открытом воздухе, рекомендуется производить в сухую погоду.

Взятие пробы масла из трансформатора производится из нижнего бокового крана. Перед взятием пробы следует спустить в ведро неко-

торое количество (не менее 2 *л*) грязного масла, скопившегося в нижней части трансформатора, затем обтереть чистой тряпкой кран от пыли и грязи, спустить немного масла для промывки крана, промыть два раза банку маслом из трансформатора. После этого взять пробу масла и закрыть банку притертой стеклянной пробкой. Если проба берется в бутылки или иную посуду, то немедленно после взятия пробы посуду следует закрыть пробкой, обернутой пергаментной бумагой, и залить сургучом или парафином.

3. ОЧИСТКА И СУШКА МАСЛА

Трансформаторное масло с пониженной против установленных норм электрической прочностью, а также с наличием механических примесей, угля, шлама и воды должно быть подвергнуто очистке. Очистка трансформаторного масла производится сепаратором и фильтр-прессом.

Трансформаторное масло, не удовлетворяющее после очистки нормам на эксплуатационное масло, а также имеющее кислую реакцию водной вытяжки (т. е. не соответствующее нормам на содержание органических кислот, указанных в разделе первом, гл. II), должно быть сменено либо восстановлено путем регенерации.

РАЗДЕЛ ПЯТЫЙ

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

I. ЗАЗЕМЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ[1]

1) Электроустановки напряжением до 1 000 *в* с глухозаземленной нейтралью

Глухое заземление нейтрали обязательно в четырехпроводных сетях переменного тока напряжением до 1 000 *в* и в трехпроводных сетях постоянного тока.

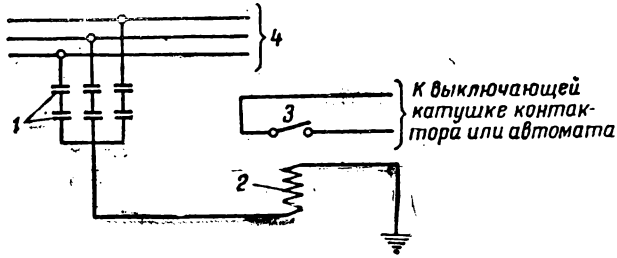


Рис. 1. Схема включения асимметра РА-74

1 — конденсаторы; *2* — катушка реле; *3* — контакт реле; *4* — трехфазная сеть

В электроустановках с глухозаземленной нейтралью при замыканиях на заземленные части должно быть обеспечено надежное автоматическое отключение поврежденных участков сети с минимальным временем отключения, для чего в установках напряжением до 1 000 *в* обязательна металлическая связь корпусов электрооборудования с заземленной нейтралью электроустановки.

Эта металлическая связь осуществляется с помощью нулевого провода электроустановки. Нулевой провод должен иметь повторные заземления.

В случаях, когда присоединение корпусов оборудования к заземленной нейтрали почему-либо встречает затруднения, должно быть обеспечено при замыканиях на корпус автоматическое отключение

[1] Основные определения см. в «Правилах устройства электроустановок» глава 1—7.

электроустановки с помощью специальных устройств. Для этой цели рекомендуется применять асимметры типа РА-74 (рис. 1) или реле безопасности (МИОТ-100Р-56) (рис. 2). При этом защищаемая электроустановка должна иметь заземляющее устройство, удовлетворяющее требованиям к электроустановкам с изолированной нейтралью.

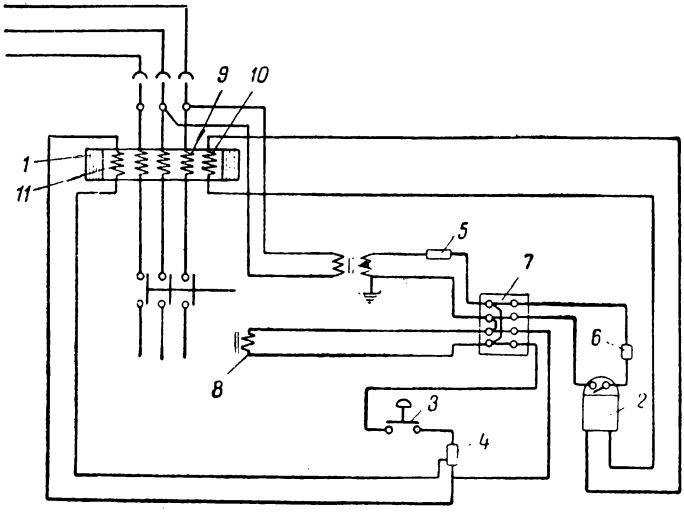


Рис. 2. Принципиальная схема реле безопасности МИОТ-100Р-56

1 — трансформатор; *2* — реле ЭТД-551/60; *3* — кнопка; *4* — потенциометр; *5* — добавочное сопротивление; *6*— сигнальное реле; *7* — клеммник; *8* — отключающая катушка; *9* — первичная обмотка; *10* — вторичная обмотка; *11* — контрольная обмотка

2) Электроустановки напряжением до 1 000 *в* с изолированной нейтралью

Электроустановки до 1 000 *в* с изолированной нейтралью следует применять в условиях, создающих особую опасность поражения электрическим током, например лесоразработки, торфяные разработки, подземные выработки. При этом должен быть обеспечен контроль изоляции сети и целости пробивных предохранителей для быстрого обнаружения персоналом замыканий на землю либо должно быть обеспечено автоматическое отключение участков, получивших замыкание на землю с помощью тех же указанных выше устройств (рис. 1 и 2).

Сети напряжением до 1 000 *в* с изолированной нейтралью, связанные через трансформаторы с сетями напряжением выше 1 000 *в*, должны быть защищены от опасности, возникающей при повреждении изоляции между обмотками высшего и низшего напряжений трансформатора, пробивным предохрани-

телем, установленным в нейтрали или фазе на стороне низшего напряжения трансформатора.

2. ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ, ПОДЛЕЖАЩИЕ ЗАЗЕМЛЕНИЮ

К частям, подлежащим заземлению, относятся: корпусы электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и т. д.; приводы электрических аппаратов, вторичные обмотки измерительных трансформаторов; каркасы распределительных щитов, щитков и пультов управления, сборок и шкафов; металлические конструкции подстанций и открытых распределительных устройств; металлические корпусы кабельных муфт, металлические оболочки кабелей и проводов, стальные трубы электропроводок и т. п.

Заземлению не подлежат: арматура подвесных и штыри опорных изоляторов, кронштейны и осветительная аппаратура при установке на деревянных опорах или конструкциях, если это не требуется по условиям защиты от атмосферных перенапряжений; электрооборудование, установленное на заземленных металлических конструкциях (при этом на опорных поверхностях для обеспечения надежного металлического контакта должны быть предусмотрены зачищенные и незакрашенные места; во взрывоопасных и наружных установках заземление такого электрооборудования обязательно); корпусы электроизмерительных приборов, реле и т. п., установленных на щитах, шкафах, а также на стенах камер распределительных устройств; металлические оболочки контрольных кабелей и кабельные конструкции, по которым проложены заземленные с обеих сторон кабели, за исключением взрывоопасных помещений и наружных установок; рельсовые пути, выходящие за территорию строительства, подстанций, станций и т. п.; съемные или открывающиеся части на металлических заземленных каркасах и камерах распределительных устройств, ограждений, шкафов, дверей и т. п.

3. НОРМЫ НА СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Величины сопротивления заземляющих устройств, требуемые правилами, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Нормируемые величины сопротивлений заземляющих устройств

Характер электроустановки	Значение сопротивления не более в *ом*
Электроустановки напряжением до 1 000 *в* с глухим заземлением нейтрали:	
для нейтрали генераторов и трансформаторов мощностью до 100 *ква* включительно и параллельно работающих генераторов общей мощностью не более 100 *ква*	10
для нейтрали генераторов и трансформаторов большей мощности	4

Продолжение табл. 1

Характер электроустановки	Значение сопротивления не более в *ом*
повторные заземления нулевого провода	10
повторные заземления нулевого провода в электроустановках, где допущено сопротивление заземляющих устройств трансформаторов и генераторов 10 *ом*	30
Электроустановки напряжением до 1 000 *в* с изолированной нейтралью:	
для всего электрооборудования механизмов с электроприводом	4
то же, при мощности генераторов и трансформаторов 100 *ква* и менее	10
Электроустановки напряжением выше 1 000 *в* с малыми токами замыкания на землю без компенсации емкостных токов	$R \leqslant \frac{250}{I_з}$, но не более 10 *ом*
То же, если это заземляющее устройство одновременно используется для электроустановок напряжением до 1 000 *в*	$R \leqslant \frac{125}{I_з}$, но не более 10 *ом*

Примечание. В формулах табл. 1 $I_з$—расчетный ток замыкания на землю в *а*. Он определяется по следующей формуле:

$$I_з = \frac{U(35l_к + l_в)}{350}\ a,$$

где U—линейное напряжение сети в *кв*;

$l_к$—общая длина связанных между собой кабельных линий в *км*;

$l_в$—то же, воздушных линий в *км*.

При питании электроустановки от сетей энергосистем величины тока замыкания на землю указываются этими системами.

4. ЗАЗЕМЛИТЕЛИ И ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ ПРОВОДНИКИ

1) Заземлители

Для заземления в первую очередь должны быть использованы различные естественные заземлители, имеющие надежное соединение с землей, как-то: проложенные под землей водопроводные и другие металлические трубопроводы, за исключением трубопроводов горючих жидкостей и горючих или взрывчатых газов, а также чугунных трубопроводов и временных трубопроводов на строительных площадках; обсадные трубы артезианских скважин; металлические конструкции зданий и сооружений, имеющие соединение с землей; металлические шпунты гидротехнических сооружений; свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле, при условии, что число проложенных кабелей составляет не менее двух.

В качестве искусственных заземлителей применяются вертикально забитые стальные трубы[1] и угловая сталь, а также горизонтально проложенные в земле стальные полосы.

[1] Стальные трубы в связи с их дефицитностью применять не рекомендуется, следует их заменять угловой сталью.

Таблица 2

Материал и минимальные размеры искусственных заземлителей и заземляющих проводников

Наименование	В зданиях	В наружных установках	В земле
Круглые проводники	⌀ 5 *мм*	⌀ 6 *мм*	
Прямоугольные проводники	Сечение 24 *мм*², толщина 3 *мм*	Сечение 48 *мм*², толщина 4 *мм*	
Угловая сталь	Толщина полок 2 *мм*	Толщина полок 2,5 *мм* | 4 *мм*	
Стальные трубы	Толщина стенок 2,5 *мм*	Толщина стенок 2,5 *мм* | 3,5 *мм*	

Примечания. 1. Применение в земле голых алюминиевых проводников в качестве заземлителей или заземляющих проводников запрещается.

2. Искусственные заземлители могут выполняться как в виде вертикально забитых стержней или труб, так и в виде горизонтально проложенных стальных полос. Для уменьшения влияния экранирования расстояние между вертикально забитыми заземлителями должно быть не менее 2,5—3 *м*, а между протяженными заземлителями — не менее 1,5 *м*.

2) Заземляющие проводники

В качестве заземляющих проводников в первую очередь должны использоваться строительные или производственные металлические конструкции (фермы, колонны, подкрановые пути, каркасы щитов и т. п.), стальные трубы электропроводок, свинцовые и алюминиевые оболочки кабелей, а в установках напряжением до 1 000 *в* также металлические трубопроводы (кроме трубопроводов горючих и взрывоопасных смесей). При этом должны быть соблюдены следующие условия: должны быть обеспечены надежность контактов в соединениях и непрерывность электрической цепи; соединение последовательных участков металлических конструкций должно выполняться приваркой стальных шин сечением не менее 100 *мм*², а в установках напряжением до 1 000 *в* с заземленной нейтралью соединения должны выполняться проводниками сечением, не меньшим сечения заземляющих проводников на данном участке.

Таблица 3

Минимальные сечения медных и алюминиевых заземляющих проводников в электроустановках напряжением до 1 000 *в*

Наименование	Медь в *мм*²	Алюминий в *мм*²
Голые проводники при открытой прокладке	4	6
Изолированные провода	1,5	2,5
Заземляющие жилы кабелей или многожильных проводов в общей защитной оболочке с фазными жилами	1	1,5

Таблица 4

Сечения стальных заземляющих проводников, соответствующие медным нулевым при протекании токов замыкания на корпус (в сетях с глухим заземлением нейтрали)

Материалы проводников			
Медь в *мм*²	Сталь в *мм*²	Медь в *мм*²	Сталь в *мм*²
1,5—2	15×2	12,5	40×4
3	15×3	17,5—25	60×5
5	20×4	35	80×8
8	30×4; 40×3	47,5—50	100×8

Таблица 5

Требования к устройству заземляющих проводок

Элементы заземляющих проводок	Требования к устройству
Сечения заземляющих проводников в электрических установках напряжением до 1 000 *в* с глухим заземлением нейтрали	Выбирается таким, чтобы при замыкании между фазами и заземляющими проводниками в любой точке сети возникал ток короткого замыкания, превышающий не менее чем в 3 раза номинальный ток ближайшей плавкой вставки или в 1,5 раза ток отключения максимального расцепителя Это условие, как правило, обеспечивается при проводимости заземляющего проводника, составляющей не менее 50% проводимости фазного провода линии
Допустимая нагрузка на заземляющие магистрали в установках напряжением до 1 000 *в* с изолированной нейтралью	Не менее 50% допустимой длительной нагрузки на фазный провод наиболее мощной линии, питающей данную установку[1]
То же, но на заземляющие проводники от отдельных приемников	Не менее $^1/_3$ допустимой нагрузки фазных проводов ответвления, питающего данный электроприемник[1]
Прокладка заземляющих стальных проводников в электроустановках напряжением до 1 000 *в* с глухим заземлением нейтрали	Выполняется совместно и в непосредственной близости с фазными проводниками
Прокладка заземляющих проводников через стены	Выполняется в открытых проемах, трубах или иных жестких обрамлениях
Пересечение заземляющих проводников с кабелями, трубопроводами, железнодорожными путями и т. п.	При наличии возможностей механического повреждения заземляющие проводники должны быть защищены
Прокладка заземляющих проводников в сырых помещениях	Выполняется на расстоянии не менее 10 *мм* от стен
Соединение заземляющих проводников с заземляющим устройством	Производится сваркой

[1] Во всех случаях сечение заземляющих проводников не требуется более: 100 *мм*² для стали, 35 *мм*²—для алюминия и 25 *мм*²—для меди.

Продолжение табл. 5

Элементы заземляющих проводок	Требования к устройству
Соединение заземляющих проводников между собой	Выполняется сваркой внахлестку. Длина нахлестки должна быть не менее двойной ширины проводников при прямоугольном сечении их и шести диаметров при круглом сечении
Присоединение заземляющих проводников к корпусам аппаратов, машин и т. п.	Выполняется сваркой или надежными болтовыми соединениями с применением в необходимых случаях (при вибрациях) устройств против развинчивания
То же, к заземленным конструкциям	Выполняется сваркой
Применение в цепи нулевых проводов, одновременно служащих для целей заземления, разъединяющих приспособлений и предохранителей	Применение предохранителей не допускается. Выключающие устройства допускаются только в случаях, когда обеспечено одновременное отключение нулевого провода и всех фазных проводов, находящихся под напряжением. Однополюсные выключатели должны включаться только в фазный провод
Окраска заземляющих проводников и используемых для этой цели конструкций, стальных труб и т. п.	В фиолетовый цвет. Допускается окраска в иные цвета в соответствии с требованиями к оформлению помещения. При этом в местах присоединений или ответвлений должно быть нанесено не менее двух полос фиолетового цвета на расстоянии 150 *мм* друг от друга

5. ЗАЗЕМЛЕНИЕ ОПОР ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Таблица 6

Порядок заземления опор воздушных линий

Части, подлежащие заземлению на воздушных линиях электропередачи напряжением выше 1 000 *в*	Железобетонные и металлические опоры линий напряжением 35 *кв* в сетях с малыми токами замыкания на землю; линии напряжением 3—20 *кв* только в населенных местностях; все типы опор линий всех напряжений, на которых установлены устройства грозозащиты или подвешен трос
Заземление железобетонных и металлических опор при напряжении до 1 000 *в* в сетях с заземленной нейтралью	Металлические опоры и арматура железобетонных опор должны быть соединены с заземленным проводом; при изолированной нейтрали сопротивление заземляющих устройств таких опор должно быть не более 50 *ом*
Заземление электрооборудования, установленного на опорах	Должно выполняться в соответствии с требованиями настоящей главы

Таблица 7

Сопротивление заземляющих устройств опор ВЛ напряжением выше 1 000 *в* при отсоединенных тросах

Удельное сопротивление земли в *ом см*	Сопротивление заземляющего устройства в *ом*
До $1 \cdot 10^4$	До 10
Более $1 \cdot 10^4$ до $5 \cdot 10^4$	„ 15
„ $5 \cdot 10^4$ „ $10 \cdot 10^4$	„ 20
„ $10 \cdot 10^4$	„ 30

6. ЗАЗЕМЛЕНИЕ ПЕРЕДВИЖНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ И ЭЛЕКТРОИНСТРУМЕНТА[1]

Таблица 8

Заземление передвижных механизмов

Вид установки	Указание по выполнению заземления
Заземление передвижных электростанций	Выполняется, как для стационарных электроустановок
Заземление корпусов передвижных механизмов, получающих электроэнергию от стационарных источников питания или от передвижных электростанций в сетях с глухозаземленной нейтралью	Выполняется при помощи металлической связи с заземляющим устройством этих источников питания посредством нулевого провода питающей линии
То же, при изолированной нейтрали	Заземление выполняется путем присоединения к заземляющему контуру питающей трансформаторной подстанции (электростанции) или путем устройства заземлителей, расположенных вблизи передвижных механизмов, с учетом максимального использования близлежащих естественных заземлителей; сопротивления заземлителей должны удовлетворять требованиям, изложенным в настоящем разделе (см. табл. 1)
Соединительные заземляющие проводники	Рекомендуется корпусы питающих пунктов соединять с контурами заземления трансформаторных подстанций (электростанции): при питании по воздушной линии — путем подвески на опорах специального заземляющего проводника, при питании по кабельной линии—путем использования металлической оболочки кабеля в качестве заземляющего проводника
Заземление рельсовых путей для передвижных механизмов	Выполняется приваркой заземляющего проводника к рельсам и корпусу питающего пункта; все стыки рельсов соединяются при помощи круглой стали диаметром 6 *мм* или полосовой стали толщиной не менее 4 *мм* и сечением не менее 48 *мм*
Заземление плавучих строительных механизмов	Выполняется присоединением четвертой (нулевой) жилы гибкого шлангового кабеля, проложенного на поплавках или на тросе (если плавучий механизм пришвартован к берегу), к заземляющим болтам корпуса вводного ящика на плавучем механизме и на питающем пункте на берегу (корпус питающего пункта должен быть заземлен)
Заземление электрооборудования строительных механизмов, расположенных на металлических баржах или понтонах	Выполняется путем присоединения корпусов электрооборудования к металлическому корпусу баржи или понтона
То же, расположенных на деревянных судах или понтонах	Выполняется при помощи металлической связи корпусов электрооборудования с магистралью заземления, выполняемой из полосовой стали сечением 40×4 *мм* и присоединенной к заземлению плавучего механизма
Заземление зажимов (полюсов) сварочных преобразователей и зажимов (выводов низшего напряжения) сварочных трансформаторов, присоединяемых к свариваемой детали	Зажимы должны быть соединены с помощью заземляющих проводников с заземляющими болтами на корпусах сварочных преобразователей или трансформаторов

[1] Подробные указания см. в «Инструкции по заземлению передвижных строительных механизмов и электрифицированного инструмента», утвержденной Госстроем СССР, Госстройиздат, 1959.

Продолжение табл. 8

Вид установки	Указания по выполнению заземления
Присоединение сварочных трансформаторов к питающим пунктам	Выполняется трехжильным кабелем. Третья жила должна быть подключена к заземляющим болтам на корпусах сварочного трансформатора и питающего пункта. (Корпус питающего пункта должен быть заземлен). Прокладка двухжильного кабеля с использованием для заземления нулевого рабочего провода запрещается
Устройство и монтаж заземлителей для передвижных электроустановок	Целесообразно применять переносные (инвентарные) заземлители в виде специальных буравов, ввинчиваемых в землю (рис. 3). В отверстие верхней части вставляется металлический стержень, при вращении которого заземлитель ввинчивается в землю. В полую среднюю часть бурава для облегчения ввертывания и улучшения контакта с грунтом наливается подсоленная вода

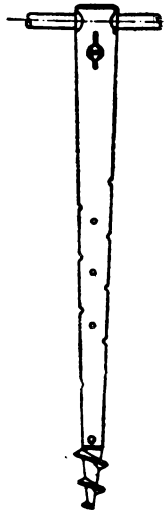


Рис. 3. Переносный (инвентарный) заземлитель для передвижных установок

Заземление переносных электроинструментов

Подлежат заземлению корпуса всех переносных электроинструментов при напряжении свыше 38 *в* независимо от частоты, при которой они работают. Заземление осуществляется путем специальной жилы питающего провода. Использование в качестве заземляющей жилы нулевого провода запрещается. Заземляющие проводники должны быть медными и иметь сечение не менее 1,5 *мм*^{2}.

В тех случаях, когда питание переносных электроинструментов производится через понижающие трансформаторы, обмотки низшего напряжения этих трансформаторов должны быть заземлены. Подлежат заземлению: в однофазных трансформаторах — один из выводов, в трехфазных трансформаторах, соединенных в звезду,—общая точка, а при соединении в треугольник — одна из фаз.

7. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ПО РАСЧЕТУ И ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Расчетная требуемая правилами величина заземления ($R_з$) определяется по табл. 1 (стр. 530).

При использовании естественных заземлителей их сопротивление растеканию тока рассчитывается по имеющимся на этот счет графикам[1]. Для примерных соображений

[1] См. «Инструкцию по заземлению передвижных строительных механизмов и электрифицированного инструмента», Госстройиздат, 1959.

сопротивление растеканию тока стальных труб водопровода диаметром 125—150 *мм* при длине подземного участка труб 300—350 *м* может быть принято равным 0,3—0,4 *ом** (при средних значениях удельного сопротивления грунтов от $1 \cdot 10^4$ до $3 \cdot 10^4$ *ом см*).

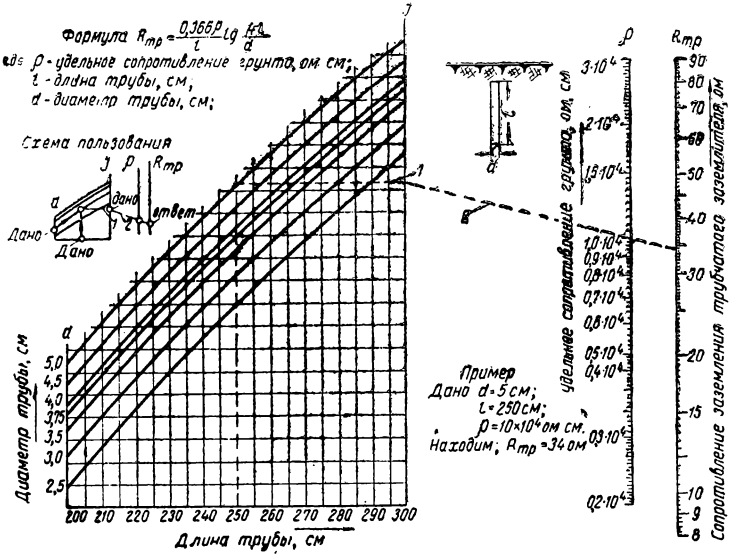


Рис. 4. Номограмма для расчета сопротивления трубчатых заземлителей

При устройстве искусственного очага заземления с применением вертикальных заземлителей из стальных труб или из угловой стали количество заземлителей, необходимое для получения расчетной величины сопротивления заземления, определяется следующим образом.

Сопротивление растеканию тока одного вертикального заземлителя (трубчатого или из угловой стали) определяется по графику-номограмме рис. 4. Для заземлителя из угловой стали принимается условный эквивалентный диаметр, равный 0,95 ширины уголка.

Необходимое количество заземлителей определяется по формуле

$$n = \frac{R_1}{R_3 \eta},$$

где n — количество заземлителей;

R_1 — сопротивление одного заземлителя (определенное по графику);

R_3 — расчетное требуемое сопротивление очага заземления;

η — коэффициент использования заземлителей в очаге (для примерных расчетов может быть равным 0,4—0,5).

* Как видно из приведенной величины сопротивления, использование водопривода в качестве заземлителя, как правило, устраняет надобность в устройстве искусственного заземления.

Для расчетов по номограмме удельные сопротивления грунтов принимаются в следующих значениях (в *ом см*):

песок	$7 \cdot 10^4$
супесок	$3 \cdot 10^4$
суглинок	$1 \cdot 10^4$
глина	$0{,}4 \cdot 10^4$
чернозем	$2 \cdot 10^4$
торф	$0{,}2 \cdot 10^4$

Выполнение искусственного очага заземления. В качестве вертикальных заземлителей рекомендуется применять угловую сталь размером 50×50 и 60×60 *мм* или стальные трубы (некондиционные) диаметром 50 *мм*. Длину заземлителей рекомендуется принимать в 2,5 *м*. Забиваются они в траншею глубиной примерно 0,7 *м* на расстоянии друг от друга 2,5—3 *м* так, чтобы верхняя часть заземлителя выступала от дна траншеи на 0,15—0,2 *м* (для удобства приварки соединительной полосы). Заземлители связываются между собой стальной полосой 40×4 *мм* (на сварке).

8. ПРОВЕРКА ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Последовательность проверки заземляющих устройств электроустановок:

а) Ознакомление с проектом устройства заземления и имеющимися актами на скрытые работы. Осмотр выполненных работ в натуре и проверка соответствия их проекту. Проверка соответствия сечений заземляющих проводов и шин расчетным данным или нормам, правильности крепления заземляющей проводки к корпусам или кожухам оборудования, приборов и аппаратов, качества сварных или болтовых соединений, правильности покраски заземляющих шин и наличия специально зачищенных мест для присоединения переносных заземлений.

б) Измерение сопротивления растекания току основных и повторных заземлителей при помощи измерителя заземления типа МС-07 (рис. 5). Вспомогательный электрод и зонд в зависимости от измерений при одиночном заземлителе или при сложных заземлителях забиваются, как это указано на рис. 6. В качестве вспомогательного электрода и зонда могут быть использованы стальные трубы или стержни диаметром не менее 10—12 *мм* и длиной не менее 0,5 *м*.

в) Проверка наличия цепи между заземлителями и заземленными элементами (не должно быть обрывов, ненадежных контактов и т. п.).

г) Измерение сопротивления петли фаза — нуль при помощи измерителя заземления типа МС-07 по схеме, приведенной на рис. 7, или по схеме рис. 8, если измерение производится методом амперметра и вольтметра, а источником тока служит сварочный трансформатор.

В последнем случае сопротивление петли подсчитывается по формуле

$$Z = \frac{U}{I},$$

где Z — сопротивление петли фаза — нуль переменному току (без учета сопротивления обмотки трансформатора);

U — измеренное напряжение;

I — измеренная сила тока.

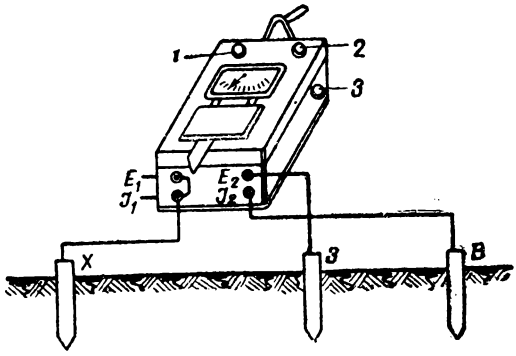


Рис. 5. Схема измерения сопротивления заземлителей при помощи измерителя заземления типа МС-07 (МС-08)

1 — переключатель пределов измерения; *2* — переключатель регулировки измерения; *3* — реостат

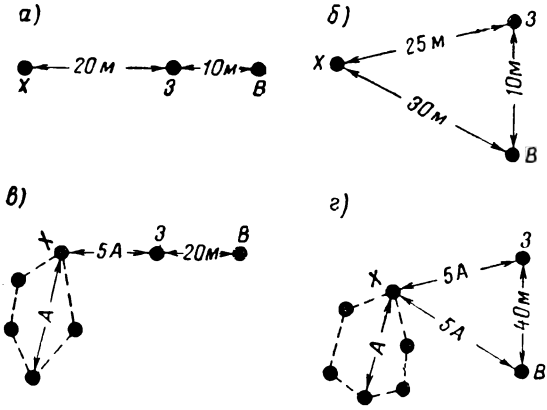


Рис. 6. Взаиморасположение заземлителей и зондов при измерениях измерителем заземления типа МС-07 (МС-08)

а, б — испытуемый заземлитель одиночный или сосредоточенный очаг; *в, г* — то же, но при сложных заземлителях; *А* — наибольшая диагональ контура; *Х* — испытуемый заземлитель; *З* — зонд; *В* — вспомогательный электрод

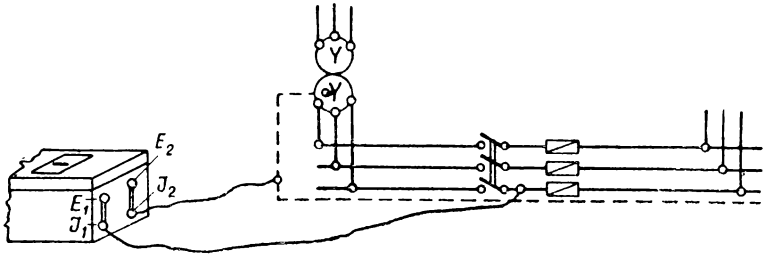


Рис. 7. Схема измерения сопротивления петли фаза—нуль при помощи измерителя заземления МС-07 (МС-08)

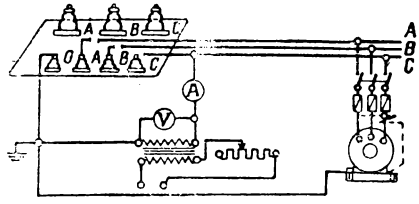


Рис. 8. Схема измерения сопротивления петли фаза—нуль методом амперметра и вольтметра

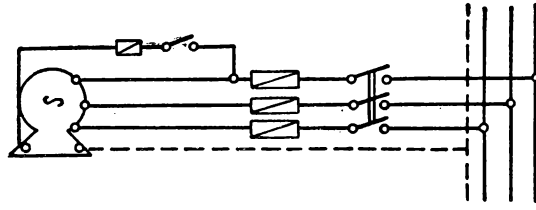


Рис. 9. Схема проверки надежности действия предохранителей (или автоматов)

Для создания петли в обоих случаях второй конец фазового провода необходимо присоединить к корпусу заземляемого оборудования (как показано пунктиром на рис. 8). При этом ток, возникающий при замыкании на корпус, должен превышать не менее чем в 3 раза номинальный ток плавкой вставки ближайшего предохранителя или не менее чем в 1,5 раза ток отключения максимального расцепителя соответствующего автомата.

д) Выборочная проверка надежности действия предохранителей или автоматов по схеме (рис. 9).

Если при включении на определенное время рубильника выбранный предохранитель сгорает или автомат отключается, заземляющее устройство считается удовлетворяющим требованиям правил и норм.

В части заземления передвижных строительных механизмов измерение сопротивления заземляющего устройства должно производиться (согласно инструкции, утвержденной Госстроем СССР): а) непосредственно после монтажа заземления (до включения в эксплуатацию строительного механизма); б) при эксплуатации передвижных механизмов не реже одного раза в 3 месяца.

II. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА

1. ТРЕБОВАНИЯ К ЗАЩИТЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Электрические установки должны быть оборудованы устройствами релейной защиты, назначениями которых являются: отключение автоматическим выключателем защищаемого элемента в случае его повреждения, представляющего непосредственную опасность как для него, так и для всей электроустановки; сигнализация о нарушении нормального режима работы защищаемого элемента (например, перегрузка), а также о возникновении повреждения, не представляющего непосредственной опасности для элемента или всей электроустановки.

Устройства релейной защиты должны обеспечивать минимально возможное время отключения коротких замыканий, селективность и надежность действия при применении наиболее простых схем, минимального количества реле, цепей и контактов. Поэтому при выборе схем релейной защиты не следует учитывать маловероятные случаи повреждений и режимов работы. Схемы релейных защит рекомендуется выполнять на вторичных реле прямого действия или на реле косвенного действия на оперативном переменном токе. На временных объектах электроснабжения строительных площадок вместо автоматических выключателей и релейной защиты должны применяться предохранители напряжением выше 1 000 *в* в сочетании с разъединителями или выключателями нагрузки с установкой их на всех трех фазах воздушных линий, силовых трансформаторов и батарей конденсаторов в случаях, когда они:

а) могут быть выбраны с требуемыми параметрами (номинальные напряжения и ток, ток короткого замыкания, предельно отключаемый ток);

б) обеспечивают требуемые для данной электроустановки селективность и чувствительность действия;

в) не препятствуют применению необходимой по условиям работы электроустановки автоматики (автоматическое повторное включение АПВ, автоматическое включение резерва АВР и т. д.).

Таблица 9

Выбор высоковольтных предохранителей для защиты силовых трансформаторов

Номинальный ток трансформатора в *а*	Номинальный ток предохранителя в *а*	Номинальная трехфазная мощность в *ква* защищаемого трансформатора при напряжении в *кв*		
		6	10	35
0,5	2	5	10	—
1	3	10	20	50
1,9	5	20	30	100
3	7,5	30	50	180
5	10	50	75	—
8	15	75	100	320
10	20	100	180	560
14,5	30	135	240	—
20	40	180	320	1 000
30	50	320	560	—
54	75	560	750	—

2. ПРОСТЕЙШАЯ СХЕМА ЗАЩИТЫ ТРАНСФОРМАТОРНОЙ ПОДСТАНЦИИ НАПРЯЖЕНИЕМ 35 *кв*

На рис. 10 показана схема защиты для однотрансформаторной подстанции, питаемой отдельной тупиковой линией с двухобмоточным трансформатором 35/6—10 *кв* мощностью ниже 7 500 *ква*. На стороне высшего напряжения предусмотрена установка только короткозамыкателя, включаемого под действием защиты трансформатора.

Защита трансформатора осуществляется газовым реле, действующим на включение короткозамыкателя.

В качестве источника оперативного тока используется трансформатор собственного расхода подстанции. Предполагается, что при повреждениях в трансформаторе, сопровождающихся глубокими посадками напряжения, действует защита на питающем конце линии и производит отключение установленного там выключателя.

3. НАИБОЛЕЕ УПОТРЕБИТЕЛЬНЫЕ СХЕМЫ ЗАЩИТЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ, КАБЕЛЬНЫХ И ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 6—10 *кв* НА ОПЕРАТИВНОМ ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ

Максимальная токовая защита вводов может быть исполнена в двух вариантах: прямого действия на встроенных в привод реле или косвенного действия с дешунтированием отключающих электромагнитов.

В соответствии с «Правилами устройства электроустановок» (I—5—18) защита косвенного действия может присоединяться к обмоткам трансформаторов тока как совместно со счетчиками, так и раздельно. Защита прямого действия включается всегда на отдельные обмотки трансформаторов тока.

Защита минимального напряжения для электродвигателей предусматривается с помощью нулевого реле с механической выдержкой времени (РНВ).

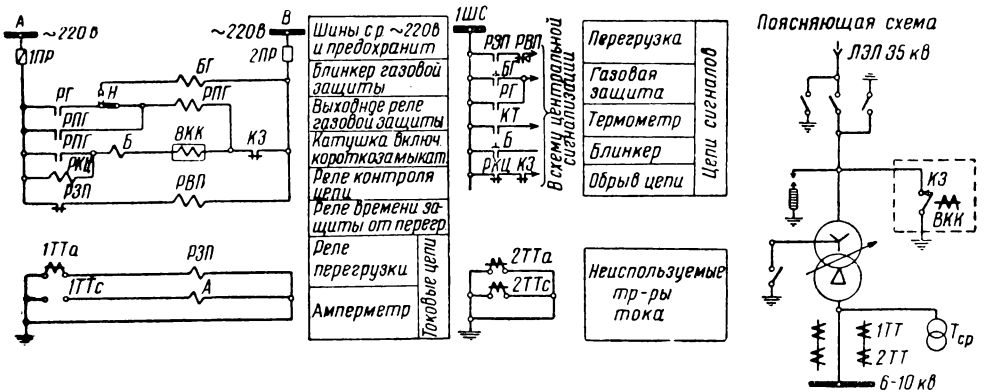


Рис. 10. Схема однотрансформаторной подстанции напряжением 35 *кв* с защитой трансформатора с помощью газового реле, действующего на включение короткозамыкателя

РЗП — реле ЭТ-523; *РВП* — реле времени ЭВ-235; *РПГ*, *РКЦ* — промежуточные реле МКУ-48; *БГ* — сериесное сигнальное реле ЭС-21/0,015; *Б* — то же, ЭС-21/1; *ВКК* — электромагнит отключения; *РГ* — газовое реле; *КТ* — термометрический сигнализатор ТС-100; *А* — амперметр; *1ПР*, *2ПР* — предохранители ППТ-10; *Н* — накладка контактная

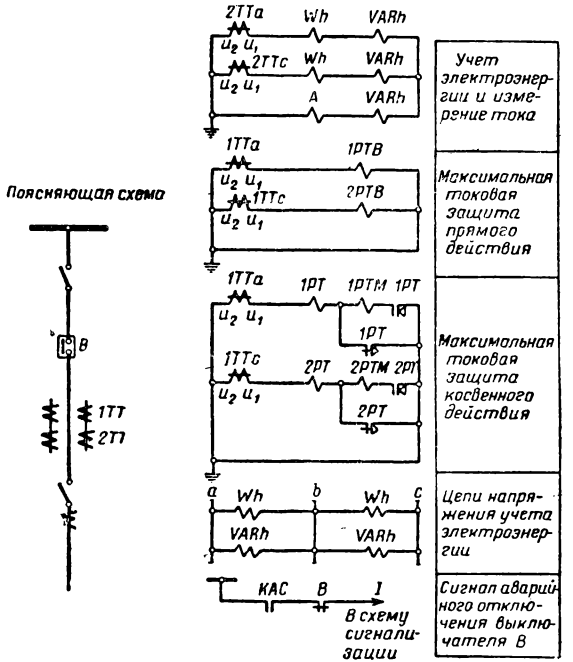


Рис. 11. Схемы защиты и учета ввода (или отходящей линии) с высоковольтным выключателем с ручным приводом

КАС — контакт аварийной сигнализации КАС-2; *В* — сигнально-блокировочный контакт КСА-2; *1PTM* и *2PTM* — реле РТМ; *1PTB* и *2PTB* — реле РТВ; *1PT* и *2PT* — реле ИТ-85; *А* — амперметр; *VARh* — счетчик реактивной энергии СРЗУ; *Wh* — счетчик активной энергии САЗУ

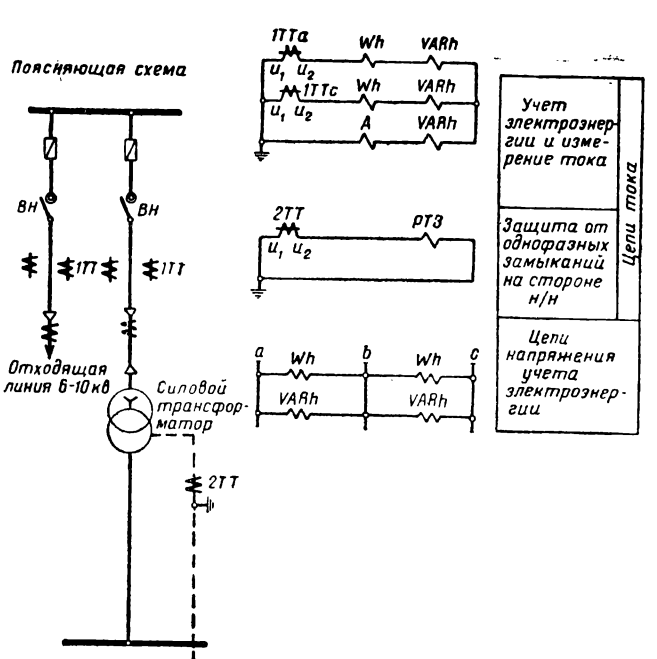


Рис. 12. Схемы защиты и учета трансформатора (или отходящей линии) с выключателем нагрузки

Wh — счетчик активной энергии; *VARh* — счетчик реактивной энергии; *А* — амперметр; *РТЗ* — реле ИТ-81; *ВН* — выключатель нагрузки

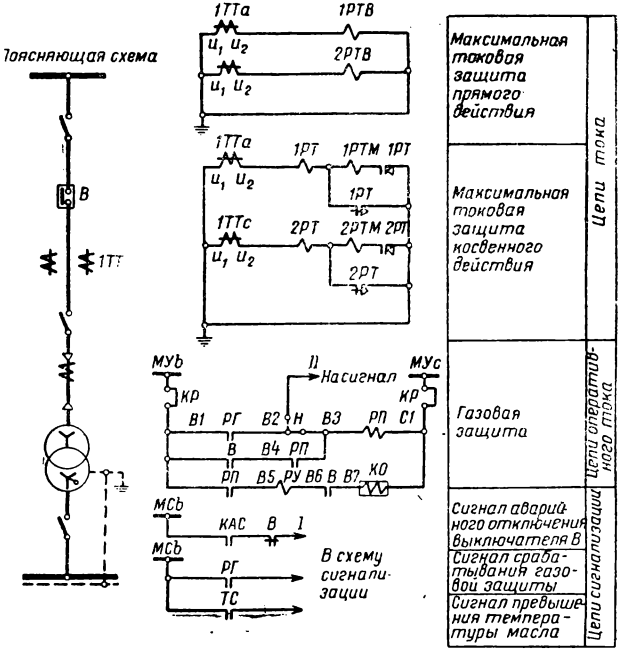


Рис. 13. Схемы защиты трансформатора с высоковольтным выключателем с ручным приводом

1РТ и *2РТ* — реле ИТ-85; *1РТВ* и *2РТВ* — реле РТВ; *1РТМ* и *2РТМ* — реле РТМ; *РП* — реле МКУ-48; *РУ* — реле ЭС-21/1; *РГ* — реле ПГ-22; *ТС* — термосигнализатор; *КО* — катушка отключения; *В* — сигнально-блокировочный контакт КСА; *КАС* — контакт аварийной сигнализации КСА-2; *КР* — клемма разъединительная; *Н* — переключатель защиты

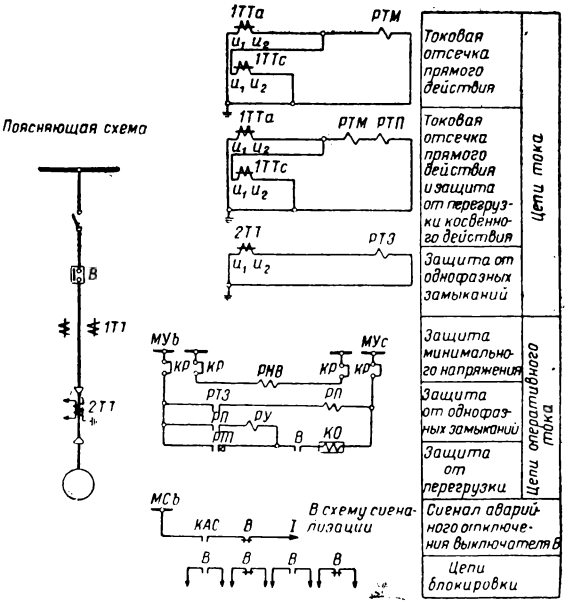


Рис. 14. Схемы защиты электродвигателя с высоковольтным выключателем с ручным приводом

РТП — реле ИТ-82; *РТЗ* — реле ЭТД-551/60; *РТМ* — реле РТМ; *РУ* — реле ЭС-21/1; *РП* — реле МКУ-48; *КО* — катушка отключения; *РНВ* — реле РНВ; *В* — сигнально-блокировочный контакт КСА; *КАС* — контакт аварийной сигнализации; *КР* — клемма разъединительная

Контроль замыканий на землю может быть выполнен с реле-блинкером или прибором ПНДФ.

Наиболее часто применяемые схемы защиты приведены на рис. 11—14.

III. ЗАЩИТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ОТ АТМОСФЕРНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

1. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ, ПОДСТАНЦИЙ, РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Таблица 10

Защита подстанций, распределительных устройств и электрических машин напряжением 6—35 *кв*

Защищаемые элементы	Условия и меры защиты от прямых ударов молнии и волновых перенапряжений
Открытые распределительные устройства	Отдельно стоящие молниеотводы, имеющие индивидуальные заземлители При этом заземлитель молниеотвода должен отстоять от ближайшей точки заземления подстанции на расстоянии не менее 3 *м*, а молниеотвод от токоведущих частей РУ—на расстоянии не менее 5 *м*
Трансформаторы и высоковольтные аппараты закрытых и открытых РУ	Вентильными разрядниками типа РВП
Электрические машины	Вентильными разрядниками типа РВВМ. При питании от воздушной линии с кабельной вставкой, помимо разрядника РВВМ, линия перед кабельной вставкой защищается стержневыми молниеотводами и трубчатыми разрядниками РТВ (рис. 15)

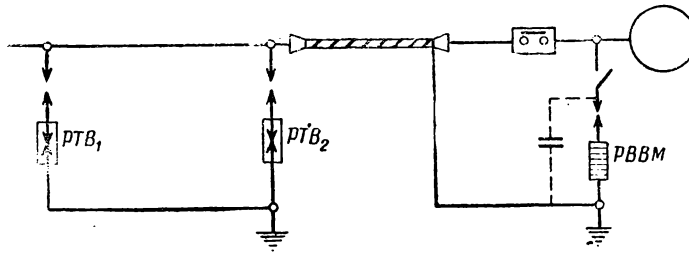


Рис. 15. Грозозащита электрической машины при питании по воздушной линии с кабельной вставкой

Таблица 11

Защита ВЛ напряжением 6—35 *кв*

Характеристика защищаемых линий, пересечений и защитных устройств	Условия и меры защиты от прямых ударов молнии и волновых перенапряжений	
Грозозащита ЛЭП на деревянных опорах	При расстояниях между фазами для ЛЭП 35 *кв*—3 *м* и для ЛЭП 6—10 *кв*—1 *м* специальных мер не требуется	
То же, на бетонных опорах	Части, крепящие изоляторы к траверсе, должны быть надежно заземлены; допускается использование арматуры опоры при наличии электрической связи по арматуре до земли и специальных выводов, которые присоединяются к заземлителю	
Применение трубчатых разрядников	Рекомендуется только для защиты отдельных опор, где возможны перекрытия не только при непосредственном поражении, но и от набегающих волн при удаленных ударах, а также на подходах к подстанциям с импульсным сопротивлением заземления не более 10 *ом*	
Применение стержневых молниеотводов	Разрешается только на отдельных, особо поражаемых участках ВЛ, а также для защиты подходов линий, к которым непосредственно (без трансформаторов) присоединены вращающиеся машины (например, электродвигатели экскаваторов, земснарядов и т. п.)	
Грозозащита при пересечениях между собой ВЛ:	Наименьшие расстояния по вертикали между проводами пересекающихся линий в *м*:	
	при защите трубчатыми разрядниками с импульсным сопротивлением заземления—не более 10—20 *ом*	без устройств грозозащиты
ВЛ напряжением 10 *кв* между собой и с ВЛ напряжением ниже 10 *кв*	2	4
ВЛ напряжением 35 и 110 *кв* между собой и с линиями низшего напряжения	3	5
ВЛ напряжением 150 и 220 *кв* с линиями низшего напряжения	4	6

Примечание. Для повышения надежности работы линий всех типов рекомендуется применение автоматических повторных включений (АПВ).

2. ТРУБЧАТЫЕ И ВЕНТИЛЬНЫЕ РАЗРЯДНИКИ

Таблица 12

Электрические характеристики трубчатых разрядников типа РТВ (винипластовых)

Тип разрядника	Номинальное напряжение разрядника в *кв*	Пределы отключения токов в *кА****		Импульсное разрядное напряжение при волне 1,5/40 *мк сек* в *кв*				Разрядное напряжение при промышленной частоте в $кв_{эфф}$	
				отрицательная полярность		положительная полярность			
		нижний	верхний	при 2 *мк сек*	минимальная	при 2 *мк сек*	минимальная	сухое	под дождем
РТВ 6—10 / 0,5—4	6	0,5	4	58	57	55	54	33,5	32,2
	10	0,5	4	62	61	59	58	42	40
РТВ 35 / 2—10	35	2	10	113,5* 123,5**	107 118	110 120	102 112	82 89	80 86

* Для сети с заземленной нейтралью.
**Для сети с изолированной нейтралью.
***При выборе типа трубчатого разрядника верхний предел отключаемого разрядником сопровождающего тока должен быть не менее максимального эффективного значения тока короткого замыкания в данной точке сети (с учетом апериодической составляющей), а нижний предел — не больше минимального возможного в данной точке сети значения тока короткого замыкания (без учета апериодической составляющей).

Таблица 13

Электрические характеристики вентильных вилитовых подстанционных разрядников типа РВП и генераторных разрядников типа РВВМ*

Электрические характеристики	Номинальное напряжение в *кв*		
	3	6	10
Допустимое напряжение на разряднике по отношению к земле в $кв_{эфф}$ не более	3,8/3,8	7,6/7,6	12,8/12,8
Пробивное напряжение промышленной частоты в $кв_{эфф}$** не менее	8,5/7,5	16/15	25/24
Импульсное пробивное напряжение при времени разряда более 1 *мк сек* в *кв*	25/12	35/23	50/38
Импульсный ток в *ка*	3/2 и 3	3/2 и 3	3/2 и 3
Остающееся напряжение при импульсном токе 3 *кА* в *кв* не более	20/12	35/23	59/38

*В числителях приведены данные для разрядников РВП, в знаменателях — для РВВМ.
**При определении пробивного напряжения промышленной частоты время подъема напряжения — не более 0,5/1 сек.

3. ЗАЗЕМЛИТЕЛИ ДЛЯ РАЗРЯДНИКОВ

Расчетная формула

Импульсное сопротивление единичного заземлителя

$$R_{и} = \alpha R,$$

где $R_{и}$ — импульсное сопротивление, т. е. сопротивление единичного заземлителя при протекании тока молнии (может значительно отличаться от R);

R — сопротивление заземления единичного заземлителя при стационарном режиме, т. е. измеренное при низкой частоте и малых плотностях тока;

α — импульсный коэффициент единичного заземлителя (определяется согласно табл. 14).

Импульсное сопротивление заземления сложного заземлителя ($R_{сист}$), состоящего из n вертикальных электродов (труб), соединенных между собой горизонтальным электродом:

$$R_{сист} = \frac{\frac{R_{и.в}}{n} R_{и.г}}{\frac{R_{и.в}}{n} + R_{и.г}} \cdot \frac{1}{\eta},$$

где $R_{и.в}$ — импульсное сопротивление заземления одного вертикального электрода (табл. 14);

$R_{и.г}$ — импульсное сопротивление заземления одного горизонтального электрода (табл. 15);

η — коэффициент использования, учитывающий взаимное влияние всех электродов друг на друга (табл. 16).

Таблица 14

Приближенное значение импульсного коэффициента для единичного вертикального заземлителя длиной 2—3 *м* и диаметром до 6 *см* при длине фронта импульсного тока 3—6 *мк сек*

Удельное сопротивление грунта в *омсм*	Ток в *ка*			
	5	10	20	40
10^4	0,85—0,9	0,75—0,85	0,6 —0,75	0,5 —0,6
$5 \cdot 10^4$	0,6 —0,7	0,5 —0,6	0,35—0,45	0,25—0,3
10^5	0,45—0,55	0,35—0,45	0,25—0,3	—

Примечание. Большие значения относятся к заземлителю длиной *3 м*, меньшие — к заземлителю длиной 2 *м*.

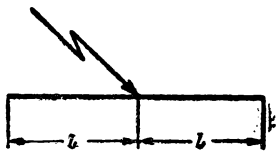
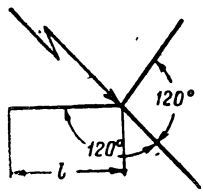
Таблица 15

Приближенное значение импульсного коэффициента единичного горизонтального заземлителя из стальной ленты шириной 2—4 *см* при длине фронта импульсного тока 3—6 *мк сек*

Удельное сопротивление грунта в *ом см*	Длина в *м*	Ток в *ка*			Удельное сопротивление грунта в *ом см*	Длина в *м*	Ток в *ка*			Удельное сопротивление грунта в *ом см*	Длина в *м*	Ток в *ка*		
		10	20	40			10	20	40			10	20	40
10^4	5	0,75	0,65	0,5	$5 \cdot 10^4$	5	0,55	0,45	0,3	10^5	10	0,55	0,45	0,35
	10	1	0,9	0,8		10	0,75	0,6	0,45		20	0,75	0,6	0,5
	20	1,15	1,05	0,95		20	0,9	0,75	0,6		40	0,95	0,85	0,75

Таблица 16

Коэффициент использования η для горизонтального n-лучевого заземлителя

Эскиз заземлителя (план)	Число лучей, n	Длина луча l в *м*	η
	2	При любой длине луча	1
	3	10 20 40	0,75 0,8 0,85

Продолжение табл. 16

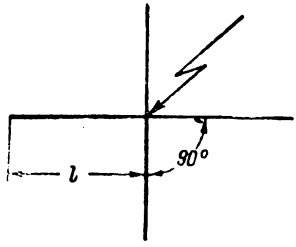
Эскиз заземлителя (план)	Число лучей, n	Длина луча l в $м$	η
	4	10 20 40	0,65 0,7 0,75

Таблица 17

Указания по устройству заземления для разрядников

Наименование элементов заземляющего устройства	Характеристика и основные технические данные
Типы заземлений	
Сосредоточенные (трубчатые, стержневые, короткие лучевые и кольцевые)	Рекомендуются к преимущественному применению, как наиболее эффективно отводящие ток молнии
Горизонтальные протяженные	Для грунтов с весьма плохой проводимостью
Вертикальные глубинные	Для грунтов с плохопроводящим верхним слоем
Стальные трубы:	
диаметр длина	3—6 *см* 2—3 *м*
Стальные полосы, ширина	От 4 до 6 *см*; толщина почти не влияет на величину сопротивления (обычно 4 *мм*)
Глубина заложения заземлителя	
Вертикальный заземлитель (верхний конец его)	0,5—1 *м*
Горизонтальный заземлитель	Не менее 0,5 *м*
Полосы	0,5—0,7 *м*
Присоединение заземленных частей установки к заземлителям	Должно выполняться по возможности короткими проводниками без излишних изгибов и углов

РАЗДЕЛ ШЕСТОЙ

ЭЛЕКТРОПРИВОД НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИЯ

I. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Механические и электрические свойства электродвигателя при нормальных условиях его использования и режиме работы, для которого двигатель предназначен, характеризуются номинальными величинами, указанными в заводском паспорте двигателя, (мощность, напряжение, ток и т. д.).

Номинальная мощность $P_н$ — полезная механическая мощность на валу двигателя, выраженная в *вт* или *квт*.

Номинальная скорость вращения — число оборотов в 1 мин., соответствующее номинальному режиму работы двигателя.

Номинальный момент вращения $M_н$ — момент, развиваемый на валу двигателя при номинальной мощности и номинальной скорости вращения:

$$M_н = 975 \frac{P_н}{n} \; кгм,$$

где $P_н$ — номинальная мощность в *квт*;
n — номинальная скорость вращения в об/мин.

Номинальный коэффициент полезного действия — отношение номинальной мощности на валу двигателя к мощности, потребляемой им из сети при номинальном режиме:

$$\eta = \frac{P_н}{P_э},$$

где $P_н$ — номинальная мощность на валу двигателя в *квт*;
$P_э$ — мощность, потребляемая из сети, в *квт*.

В зависимости от условий нагрева различают следующие три режима работы двигателей:

а) продолжительный номинальный режим — рабочий период столь велик, что при неизменной температуре окружающей среды все части двигателя достигают практически установившихся температур;

б) кратковременный номинальный режим — рабочие периоды не столь длительны, чтобы нагрев двигателя превышал предельную температуру, а перерывы в работе достаточны для его ох-

лаждения до температуры окружающей среды (нормальные периоды такой работы составляют 15, 30, 60 и 90 мин.);

в) повторно-кратковременный (прерывистый) номинальный режим — периоды кратковременной работы чередуются с паузами. Этот режим характеризуется относительной продолжительностью включения (ПВ) — отношением времени рабочего периода к сумме времени рабочего периода и паузы и выражается в %:

$$\text{ПВ} = \frac{t_1}{t_1+t_2} 100\%,$$

где t_1 — время рабочего периода;

t_2 — продолжительность паузы.

Нормальные значения относительной продолжительности рабочего периода, на которые рассчитываются электродвигатели, приняты в 15, 25, 40 и 60% при продолжительности одного цикла не более 10 мин. (рис. 1).

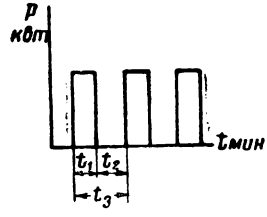


Рис. 1. Относительная продолжительность включения (ПВ)

2. КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗОЛЯЦИИ, ПРЕДЕЛЫ НАГРЕВА И ПЕРЕГРУЗКИ ДВИГАТЕЛЕЙ

Класс изоляции А: хлопок, шелк, бумага и подобные органические материалы, пропитанные либо погруженные в масло, а также состав, называемый эмалью и применяемый при изготовлении эмалированных проводов.

Класс изоляции В: слюда, асбест и связующие вещества.

Класс изоляции ВС: слюда, стеклянная пряжа и асбест, связанные теплостойким лаком.

Класс изоляции СВ: слюда, стеклянная пряжа и асбест на теплостойких лаках без применения изолирующих материалов класса А.

Класс изоляции С: слюда и стеклянная пряжа без связующих веществ, фарфор, кварц и подобные материалы.

Для обмоток с изоляцией класса ВС и соприкасающихся с ними стальных сердечников и других частей двигателя допустимые пределы нагрева устанавливаются на 15° выше пределов, указанных в табл. 1 для материалов класса В.

Для обмоток с изоляцией класса СВ пределы допустимого нагрева повышаются по сравнению с указанными в табл. 1 соответственно теплостойкости лаков, применяемых при изготовлении изоляции класса СВ.

Для изоляции класса С пределы нагрева не устанавливаются.

Перегрузки двигателей, предназначенных для продолжительного и повторно-кратковременного номинальных режимов работы, без их повреждений и остаточных деформаций в нагретом состоянии могут допускаться в следующих пределах (ГОСТ 183-55):

бесколлекторные машины переменного тока мощностью до 0,6 *квт* — на 50% по току в течение 1 мин., мощностью свыше 0,6 *квт* — в течение 2 мин.;

коллекторные машины переменного тока — на 50% по току в течение 1 мин

Таблица 1

Пределы нагрева отдельных частей электрических машин сверх температуры окружающего (охлаждающего) воздуха (по ГОСТ 183-55)

Части машин	Вид изоляции			
	класс А		класс В	
	метод термометра	метод сопротивления	метод термометра	метод сопротивления
	в град. не более			
Обмотки машин переменного тока мощностью менее 5 000 *ква*. Обмотки возбуждения (многослойные) машин постоянного тока и переменного тока с возбуждением постоянным током. Якорные обмотки, соединенные с коллектором	60	65	75	85
Однорядные обмотки возбуждения	70	70	95	95
Стержневые обмотки роторов асинхронных машин при числе стержней в пазу не более двух	—	70	—	95
Обмотки возбуждения малого сопротивления, имеющие несколько слоев, и компенсационные обмотки	65	65	85	85
Изолированные обмотки, непрерывно замкнутые на себя	65	—	85	—
Стальные сердечники и другие части, соприкасающиеся с обмотками	65	—	85	—
Контактные кольца как защищенные, так и незащищенные	70	—	90	—
Коллекторы (класс изоляции относится к обмотке, соединяемой с коллектором)	65	—	85	—

Примечания. 1. Предельно допустимые температуры нагрева частей машины определяются путем прибавления 35° к значениям, указанным в таблице.

2. При температуре окружающей среды выше $+35°$ нагрузка двигателя должна быть настолько ниже его номинальной мощности, чтобы температура нагрева частей машины не превышала предельно допустимую.

3. При температуре среды ниже $+35°$ длительный нагрузочный ток может быть повышен сверх номинального на число процентов, равное разности $(35-t_c)$, но не более чем на 10%, за исключением двигателей с изоляцией класса А, для которых повышение нагрузки не допускается.

II. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

1. АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА ЕДИНОЙ СЕРИИ А (ПО ГОСТ 186-52)

Исполнения асинхронных двигателей единой серии А:

А — двигатели общего применения с короткозамкнутым ротором в защищенном исполнении, в чугунном корпусе;

АЛ — то же, но в алюминиевом корпусе;

АО — двигатели общего применения с короткозамкнутым ротором, в закрытом обдуваемом исполнении, в чугунном корпусе;

АОЛ — то же, но в алюминиевом корпусе;

А и АО — то же, многоскоростные (двух-, трех- и четырехскоростные) в защищенном и закрытом исполнениях;

Формы исполнения двигателей по роду монтажа:

форма Щ2 — горизонтальные со станиной на лапах: А, АО, АЛ и АОЛ — 3, 4, 5, 6, 7, 8 и 9-го габаритов;

форма Щ2/Ф2 — горизонтальные со станиной на лапах и фланцем на щитке: А—6, 7, 8 и 9-го габаритов и АО — 3, 4, 5, 6, 7, 8 и 9-го габаритов;

форма Ф2 — горизонтальные со станиной без лап и с фланцем на щитке: А — 6-го габарита, АО — 3, 4, 5 и 6-го габаритов.

Таблица 2

Мощности двигателей единой серии А в защищенном исполнении для напряжения 220/380 и 500 *в* (форма исполнения Щ2)

Марка двигателя	Мощность в *квт* при синхронной скорости в об/мин				Вес в *кг* при 1 500 об/мин	
	3 000	1 500	1 000	750	А	АЛ
А и АЛ-41	2,8	1,7	1	—	33	23
А и АЛ-42	4,5	2,8	1,7	—	42	29,5
А и АЛ-51	7	4,5	2,8	—	69	48
А и АЛ-52	10	7	4,5	—	90,5	64,5
А-61	14	10	7	4,5	124	—
А-62	20	14	10	7	138	—
А-71	28	20	14	10	205	—
А-72	40	28	20	14	230	—
А-81	55	40	28	20	360	—
А-82	75	55	40	28	400	—
А-91	100	75	55	40	590	—
А-92	125	100	75	55	665	—

Таблица 3

Мощности двигателей единой серии А в закрытом обдуваемом исполнении для напряжения 220/380 и 500 *в* (форма исполнения Щ2)

Марка двигателя	Мощность в *квт* при синхронной скорости в об/мин				Вес в *кг* при 1 500 об/мин	
	3 000	1 500	1 000	750	АО	АОЛ
АОЛ-21	0,4	0,27	—	—	—	7,6
АОЛ-22	0,6	0,4	—	—	—	9,2
АО и АОЛ-31м	0,6	0,6	—	—	20	12,5
АО и АОЛ-32м	1	1	—	—	26,5	16,5
АО и АОЛ-41	1,7	1,7	1	—	36	24
АО и АОЛ-42	2,8	2,8	1,7	—	45	31
АО и АОЛ-51	4,5	4,5	2,8	—	78,5	50,5
АО и АОЛ-52	7	7	4,5	—	99,5	67
АО-62	10	10	7	4,5	162	—
АО-63	14	14	10	7	180	—
АО-72	20	20	14	10	280	—
АО-73	28	28	20	14	310	—
АО-82	40	40	28	20	495	—
АО-83	55	55	40	28	555	—
АО-93	75	75	55	40	805	—
АО-94	100	100	75	55	890	—

Таблица 4

Асинхронные двигатели единой серии А общего применения

Марка двигателя	Мощность в *квт*	Скорость вращения в об/мин	Номинальный ток *а* при 220 *в*	Номинальный ток *а* при 380 *в*	Отношение пускового тока к номинальному	Коэффициент мощности (cos φ)	Вес двигателя в *кг* А (АО)	Вес двигателя в *кг* АЛ (АОЛ)
Двигатели А и АЛ в защищенном исполнении								
А и АЛ-41-2	2,8	3 000	10	5,8	5,5	0,88	33	23
А и АЛ-42-2	4,5	3 000	15,7	9,1	7	0,88	42	29,5
А и АЛ-51-2	7	3 000	24	13,8	6	0,89	69	48
А и АЛ-52-2	10	3 000	33,8	19,5	6,5	0,89	90,5	64,5
А-61-2	14	3 000	47	27,5	5,5	0,89	124	—
А-62-2	20	3 000	66	38	6	0,9	138	—
А-71-2	28	3 000	92	53	5	0,9	205	—
А-72-2	40	3 000	128	74	5,5	0,91	230	—
А-81-2	55	3 000	175	101	5	0,91	360	—
А-82-2	75	3 000	235	136	5,5	0,92	400	—
А-91-2	100	3 000	312	180	5,5	0,92	590	—
А-92-2	125	3 000	388	225	5,5	0,92	665	—
А и АЛ-41-4	1,7	1 500	6,6	3,9	5	0,82	32,5	22
А и АЛ-42-4	2,8	1 500	10,5	6,1	5,6	0,84	41,5	29,5
А и АЛ-51-4	4,5	1 500	16,3	9,4	6	0,85	69	28
А и ПЛ-52-4	7	1 500	24,6	14,2	6	0,86	90,5	64,5
А-61-4	10	1 500	34,1	19,7	5	0,88	124	—
А-62-4	14	1 500	47,5	27,5	5,5	0,88	138	—
А-71-4	20	1 500	67	39	5	0,88	205	—
А-72-4	28	1 500	93	54	5,5	0,88	230	—
А-81-4	40	1 500	131	76	6	0,89	360	—
А-82-4	55	1 500	178	103	6	0,89	400	—
А-92-4	75	1 500	242	140	5,5	0,89	490	—
А-92-4	100	1 500	320	185	5	0,89	665	—
А и АЛ-41-6	1	1 000	4,8	2,8	4	0,72	32,5	22
А и АЛ-42-6	1,7	1 000	7,5	4,3	4,5	0,75	41,5	29,5
А и АЛ-51-6	2,8	1 000	11,4	6,6	5	0,78	69	48
А и АЛ-52-6	4,5	1 000	17,5	10,1	5,5	0,8	90,5	64,5
А-61-6	7	1 000	27	15,5	4,5	0,81	125	—
А-62-6	10	1 000	37	21,5	4,5	0,82	140	—
А-71-6	14	1 000	51	29,6	4,5	0,83	205	—
А-72-6	20	1 000	71,3	41,3	4,5	0,84	230	—
А-81-6	28	1 000	97,5	56,5	5	0,85	360	—
А-82-6	40	1 000	136	79,8	5,5	0,86	400	—
А-91-6	55	1 000	183	106	5	0,87	590	—
А-92-6	75	1 000	243	141	5	0,88	665	—
А-61-8	4,5	750	18	11	4,5	0,76	124	—
А-62-8	7	750	28	16	4,5	0,78	138	—
А-71-8	10	750	38	22	4	0,8	205	—
А-72-8	14	750	52	30	4	0,81	230	—
А-81-8	20	750	73	42	4,5	0,82	360	—
А-82-8	28	750	100	58	4,5	0,83	400	—
А-91-8	40	750	139	81	4,5	0,84	590	—
А-92-8	55	750	188	109	4,5	0,84	665	—
Двигатели АО и АОЛ в закрытом обдуваемом исполнении								
АОЛ-21-2	0,4	3 000	2,1	1,2	5,5	0,73	—	7,6
АОЛ-22-2	0,6	3 000	2,4	1,4	6	0,75	—	9,2
АО и АОЛ-31-2м	0,6	3 000	2,4	1,4	6	0,85	20	12,5
АО и АОЛ-32-2м	1	3 000	3,8	2,2	6,5	0,86	26,5	16,5
АО и АОЛ-41-2	1,7	3 000	6,2	3,6	6,5	0,87	36,6	23,5
АО и АОЛ-42 4	2,8	3 000	10	5,8	6,5	0,88	45,5	31,5

Продолжение табл. 4

Марка двигателя	Мощность в *квт*	Скорость вращения в об/мин	Номинальный ток *а* при 220 *в*	Номинальный ток *а* при 380 *в*	Отношение пускового тока к номинальному	Коэффициент мощности (cos φ)	Вес двигателя в *кг* А (АО)	Вес двигателя в *кг* АЛ (АОЛ)
АО и АОЛ-51-2	4,5	3 000	15,6	9,1	6,5	0,88	79	50,5
АО и АОЛ-52-2	7	3 000	24	13,8	6,5	0,89	101	67
АО-62-2	10	3 000	34	19,5	6	0,89	170	—
АО-63-2	14	3 000	46,5	27	6,5	0,9	188	—
АО-72-2	20	3 000	66	38	6,5	0,9	280	—
АО-73-2	28	3 000	90	52	6,5	0,91	310	—
АО-82-2	40	3 000	129	75	6,5	0,92	500	—
АО-83-2	55	3 000	174	100	6,5	0,92	560	—
АО-93-2	75	3 000	236	136	6	0,92	820	—
АО-94-5	100	3 000	314	182	6	0,92	905	—
АОЛ-21-4	1,27	1 500	1,8	0,8	5	0,72	—	7,6
АОЛ-22-4	0,4	1 500	2	1	5	0,75	—	9,2
АО и АОЛ-31-4м	0,6	1 500	2,8	1,6	5	0,77	20	12,5
АО и АОЛ-32-4м	1	1 500	4,2	2,8	5,5	0,8	26,5	16,5
АО и АОЛ-41-4	1,7	1 500	6,7	3,9	5,5	0,82	36	23,5
АО и АОЛ-42-4	2,8	1 500	10,5	6,1	6	0,84	45	31
АО и АОЛ-51-4	4,5	1 500	16,3	9,4	6	0,85	77,5	50,5
АО и АОЛ-52-4	7	1 500	24,6	14,2	6	0,86	99,5	67
АО-62-4	10	1 500	34,1	19,7	6,5	0,88	162	—
АО-63-4	14	1 500	47,2	27,4	7	0,88	180	—
АО-72-4	20	1 500	67	38,8	6,5	0,88	280	—
АО-73-4	28	1 500	93	53,8	7	0,88	310	—
АО-82-4	40	1 500	130	75	6,5	0,89	495	—
АО-83-4	55	1 500	178	103	6,5	0,89	555	—
АО-93-4	75	1 500	239	138	6,5	0,9	805	—
АО-94-4	100	1 500	318	184	6,5	0,9	890	—
АО и АОЛ-41-6	1	1 000	4,8	2,8	4	0,72	36	23,5
АО и АОЛ-42-6	1,7	1 000	7,5	4,3	4,5	0,75	45	31
АО и АОЛ-51-6	2,8	1 000	11,4	6,8	5	0,78	77,5	50,5
АО и АОЛ-52-6	4,5	1 000	17,5	10,1	5,5	0,8	99,5	67
АО-62-6	7	1 000	27	15,5	5,5	0,81	162	—
АО-63-6	10	1 000	36,5	21	6	0,82	180	—
АО-72-6	14	1 000	50,5	29	5,5	0,83	280	—
АО-73-6	20	1 000	70,5	41	5,5	0,84	310	—
АО-82-6	28	1 000	96	55,5	6	0,86	495	—
АО-83-6	40	1 000	134	77,5	6,5	0,87	555	—
АО-93-6	55	1 000	181	104	6	0,88	805	—
АО-94-6	75	1 000	240	139	6	0,89	890	—
АО-62-8	4,5	750	18,5	10,5	5,6	0,76	162	—
АО-63-8	7	750	27,5	16	5,5	0,78	180	—
АО-72-8	10	750	38	22	5	0,8	280	—
АО-73-8	14	750	52	30	5	0,81	310	—
АО-82-8	20	750	72,5	42	5	0,82	495	—
АО-93-8	28	750	99,5	57,5	5	0,83	555	—
АО-93-8	40	750	139	80	5,6	0,84	805	—
АО-94-8	55	750	189	108	5,5	0,84	890	—

2. МОДИФИКАЦИИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЕДИНОЙ СЕРИИ А

На базе двигателей единой серии общего применения А и АО выпускаются следующие электрически модифицированные двигатели:

АП и АОП — с короткозамкнутым ротором и повышенным пусковым моментом;

АС и АОС — с короткозамкнутым ротором и повышенным скольжением (табл. 5 и 6);

А и АО — с короткозамкнутым ротором многоскоростные (табл. 7);

АОТ — с короткозамкнутым ротором (для текстильной промышленности);

АК — с фазным ротором (табл. 8);

АВ — встраиваемые в приводимые машины и механизмы.

Двигатели АП, АОП, АО, АОТ и АВ мало применяются на строительстве

Модифицированные двигатели единой серии А выпускаются защищенными 6, 7, 8 и 9-го габаритов и закрытыми обдуваемыми — от 3 до 9-го габарита. Все эти двигатели имеют чугунные корпусы.

По способу монтажа двигатели имеют те же исполнения, что и двигатели общего применения.

Двигатели АК с фазным ротором изготовляются только в защищенном исполнении и с постоянно налегающими щетками без приспособлений для подъема щеток и короткого замыкания колец.

Таблица 5

Асинхронные двигатели АС трехфазного тока на напряжение 220/380 и 500 *в* с короткозамкнутым ротором и повышенным скольжением (типа АС), защищенные (форма исполнения Щ2)

Марка двигателя	Мощность при синхронной скорости вращения в об/мин						Вес в *кг*
	1 500		1 000		750		
	в *квт*	при ПВ в %	в *квт*	при ПВ в %	в *квт*	при ПВ в %	
АС-61	10	60	7	40	4,5	80	125
АС-62	14	35	10	25	7	40	140
АС-71	20	25	14	35	10	30	205
АС-72	28	20	20	25	14	20	23
АС-81	40	20	28	20	20	20	360
АС-82	55	15	40	20	28	15	400
АС-91	75	15	55	15	40	15	590
АС-92	100	15	75	15	55	15	665

Таблица 6

Асинхронные двигатели АОС трехфазного тока на напряжение 220/380 и 500 *в* с короткозамкнутым ротором и повышенным скольжением, закрытые обдуваемые (форма исполнения Щ2)

Марка двигателя	Мощность при синхронной скорости вращения в об/мин								Вес в *кг*
	3 000		1 500		1 000		750		
	в *квт*	при ПВ в %	в *квт*	при ПВ в %	в *квт*	при ПВ в %	в *квт*	при ПВ в %	
АОС-31	0,6	100	0,6	100	—	—	—	—	21
АОС-32	1	100	1	100	—	—	—	—	27
АОС-41	1,7	100	1,7	60	1	100	—	—	37
АОС 42	2,8	50	2,8	25	1,7	50	—	—	45
АОС-51	4,5	40	4,5	25	2,8	35	—	—	80
АОС-52	7	30	7	25	4,5	30	—	—	100
АОС-62	—	—	10	40	7	60	4,5	75	165
АОС-63	—	—	14	40	10	45	7	60	180

Продолжение табл. 6

Марка двигателя	Мощность при синхронной скорости вращения в об/мин								Вес в *кг*
	3 000		1 500		1 000		750		
	в *квт*	при ПВ в %	в *квт*	при ПВ в %	в *квт*	при ПВ в %	в *квт*	при ПВ в %	
АОС-72	—	—	20	40	14	35	10	45	280
АОС-73	—	—	28	30	20	30	14	35	310
АОС-82	—	—	40	25	28	25	20	30	495
АОС-83	—	—	55	20	40	20	28	25	555
АОС-92	—	—	75	20	55	20	40	25	805
АОС-93	—	—	100	15	75	20	55	25	890

Таблица 7

Асинхронные двигатели серии А многоскоростные с короткозамкнутым ротором в защищенном исполнении

Марка двигателя	Число полюсов	Номинальная мощность на валу в *квт*	Номинальный момент вращения на валу в *кгм*	Ток статора *а* при напряжении в *в*		cos φ	Вес в *кг*	Соединение фаз обмотки
				220	380			
Двигатели на 750/1 500 об/мин								
А-61-8/4	8 4	3,5 5	4,8 3,4	14 17	8 10	0,79 0,91	125	Y/Y
А-62-8/4	8 4	5 7	6,8 4,7	20 23,5	11,5 13,5	0,79 0,91	140	Y/Y
А-71-8/4	8 4	7 10	9,4 6,7	27,5 33	16 19	0,79 0,92	205	Y/Y
А-72-8/4	8 4	10 14	13,5 9,4	39 46	22,5 27	0,79 0,92	230	Y/Y
А-81-8/4	8 4	14 20	18,5 13,5	52 64	30 37,5	0,81 0,92	360	Y/Y
Двигатели на 500/1 000 об/мин								
А-61-12 6	12 6	2 3,5	4,2 3,5	11 12,5	6,3 7,3	0,67 0,9	125	Y/Y
А-62-12/6	12 6	3 5	6,2 5,2	16 17,5	9 10	0,67 0,9	140	Y/Y
А-71-12/6	12 6	4,5 7	9,2 7	22,5 24,5	13 14	0,69 0,9	205	Y/Y

Продолжение табл. 7

Марка двигателя	Число полюсов	Номинальная мощность на валу в *квт*	Номинальный момент вращения на валу в *кгм*	Ток статора в *а* при напряжении в *в*		cos φ	Вес в *кг*	Соединение фаз обмотки
				220	380			
А-72-12/6	12 6	6,5 10	13,5 10	32 33,5	18,5 19,5	0,69 0,91	230	△ Y Y
А-81-12/6	12 6	9 14	18,5 14	42 46	24,5 27	0,69 0,91	360	△ Y Y
Двигатели на 750/1 000/1 500 об/мин								
А-61-8/6/4	8 6 4 8	2,5 3 3,5 3,5	3,5 3,1 2,4 4,8	11,5 12 13,5 15,5	6,7 7 7,8 9	0,81 0,88 0,91 0,82	125	△ Y Y Y
А-62-8/6/4	6 4 8	4,5 5 5	4,6 3,5 7	17,5 18,5 20,5	10 10,8 12	0,88 0,91 0,83	140	△ Y Y Y
А-71-8/6/4	6 4 8	6,5 7 7	6,6 4,8 9,5	24 24,5 27,5	13,8 14,5 16	0,89 0,91 0,84	205	△ Y Y Y
А-72-8/6/4	6 4	9 10	9,2 7	32 34,5	18,5 20	0,89 0,92	230	△ Y Y Y
Двигатели на 500/750/1 000/1 500 об/мин								
А-61-12/8/6/4	12 8 6 4 12	1,3 2 2,5 3 2	2,7 2,7 2,7 2 4,2	8,5 10 10 12 12	5 5,8 5,8 6,8 7	0,67 0,78 0,9 0,91 0,67	125	△ △ Y Y
А-61-12/8/6/4	8 6 4 12	3 3,5 4,5 3	4,1 3,7 3,1 6,2	14 13 17 17	8,2 8 10 10	0,78 0,9 0,91 0,67	140	△ △ Y Y
А-71-12/8/6/4	8 6 4 12	4 5 6,5 4	5,5 5,2 4,4 8,3	18 18,5 23,5 21	10,3 10,8 13,5 12,3	0,79 0,9 0,91 0,69	205	△ △ Y Y
А-72-12/8/6/5	8 6 4	6 7 9	8,2 7,3 6,1	25,5 25 31	14,8 14,5 18	0,7 0,9 0,91	230	△ △ Y Y

Таблица 8

Асинхронные двигатели АК с фазным ротором мощностью до 100 *квт* в защищенном исполнении

Марка двигателя	Номинальная мощность на валу в *квт*	Ток статора в *а* при напряжении 380 *в*	К. п. д. в %	cos φ	Ток ротора в *а*	Напряжение ротора в *в*	$\frac{M_{макс}}{M_{мин}}$	Вес в *кг*
Двигатели на 1 500 об/мин								
АК-51-4	2,8	6,7	78	0,82	22,5	84	2,2	84
АК-52-4	4,5	10,3	80	0,83	22	131	2,2	105
АК-60-4	7	15,5	82	0,84	33,5	144	2,2	125
АК-61-4	10	21,5	83,5	0,85	32	207	2,2	145
АК-62-4	14	29,3	84,5	0,88	35	262	2,2	160
АК-71-4	20	41	86	0,86	68	195	2,2	235
АК-72-4	28	56	87	0,87	71	250	2,6	260
АК-81-4	40	79,5	88	0,87	74	336	2,6	400
АК-82-4	55	108	89	0,87	72	480	2,6	440
АК-91-4	75	143	90	0,88	115	383	2,6	640
АК-92-4	100	191	90,5	0,88	117	520	2,8	710
Двигатели на 1 000 об/мин								
АК-51-6	1,7	5	72,5	0,72	20,2	57	2	82
АК-52-6	2,8	7,6	75,5	0,74	21,2	91	2	103
АК-60-6	4,5	11,5	78,5	0,76	26	117	1,8	125
АК-61-6	7	16,8	81	0,78	26	175	2	145
АК-62-6	10	23,3	82,3	0,79	30	225	2	160
АК-71-6	14	31,6	84	0,8	63	157	2	235
АК-72-6	20	44,2	85	0,81	63	212	2	260
АК-81-6	28	60	86,5	0,82	67	276	2	400
АК-82-6	40	83,8	87,5	0,83	65	290	2,2	440
АК-91-6	55	113	88,5	0,83	88	390	2,4	640
АК-92-6	75	151	89,5	0,84	88	538	2,4	710
Двигатели на 750 об/мин								
АК-61-8	4,5	12,4	76,5	0,72	24	126	1,9	145
АК-62-8	7	18	79,5	0,74	28	168	1,9	160
АК-71-8	10	24,5	81,5	0,76	64	118	1,9	235
АК-72-8	14	33,3	83	0,77	64	160	1,9	260
АК-81-8	20	45,5	84,5	0,79	57	230	1,9	400
АК-82-8	20	62	86	0,8	56,9	323	1,9	440
АК-91-8	28	85,7	87,5	0,8	92	270	1,9	640
АК-92-8	40	115	88,5	0,82	92	376	1,9	710

3. ДВИГАТЕЛИ СЕРИЙ АМ-6, ДАМ-6, ГАМ-6

На строительстве применяются также более мощные двигатели, например:

АМ-6 — с фазным ротором (табл. 9);

ДАМ-6 — с короткозамкнутым ротором и двойной клеткой (табл. 10);

ГАМ-6 — с короткозамкнутым ротором и глубоким пазом (табл. 11).

Эти двигатели выпускаются в защищенном исполнении; форма исполнения Щ2.

Таблица 9

Двигатели АМ-6 с фазным ротором, защищенные (форма исполнения Щ2)

Мощность в *квт* при синхронной скорости вращения в об/мин				Вес в *кг*
1 500	1 000	750	600	
На напряжение 220/380, 380 и 500 в				
115	—	—	—	1 070
135	75	60	45	1 180
155	95	70	85	1 250
180	115	80	65	1 330
—	130	95	80	1 520
225	155	110	95	1 640
260	185	130	115	1 790
300	215	155	130	1 870
На напряжение 3 000 в				
110	—	—	—	1 180
125	95	—	—	1 250
150	—	—	—	1 330
—	110	—	—	1 520
190	135	95	—	1 640
230	155	110	90	1 790
—	190	125	100	1 850
300	220	145	125	2 000
На напряжение 6 000 в				
220	—	—	—	2 080
260	—	—	—	2 190
300	—	—	—	2 300

Таблица 10

Двигатели ДАМ-6 на напряжение 220/380, 380 и 500 *в* с короткозамкнутым ротором и двойной клеткой, защищенные (форма исполнения Щ2)

Мощность в *квт* при синхронной скорости вращения в об/мин			Вес в *кг*
1 500	1 000	750	
115	—	—	910
135	—	—	1 020
155	—	—	1 090
180	—	—	1 160
225	—	—	1 640
260	—	—	1 770
300	—	—	1 870
—	240	180	1 830
—	280	210	2 000
—	320	245	2 100

Таблица 11

Двигатели ГАМ-6 на напряжение 220/380, 380 и 500 *в* с короткозамкнутым ротором и глубоким пазом, защищенные (форма исполнения Щ2)

Мощность в *квт* при синхронной скорости вращения в об/мин			Вес в *кг*
1 000	750	600	
75	60	45	970
95	70	55	1 080
115	80	65	1 150
130	95	80	1 370
155	110	95	1 455
185	130	115	1 635
215	155	130	1 710
—	—	155	1 910
—	—	180	2 080

4. КРАНОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Для работы на кранах в условиях частых пусков и торможений, а также больших колебаний нагрузки, иногда значительно превышающей номинальную мощность двигателя, применяются специальные крановые двигатели, которые выполняются повышенной механической прочности, и обмотками, рассчитанными на значительные перегрузки двигателя (табл. 12, 13).

Таблица 12

Крановые двигатели закрытые с внешним обдувом, ПВ = 25%

Марка двигателя	Мощность на валу в *квт*	Скорость вращения в об/мин	Ток статора *а* при напряжении 380 *в*	cos φ	К. п. д. в %	Ток ротора в *а*	Кратность максимального момента к номинальному при ПВ=25%	Напряжение между кольцами ротора в *в*	Маховой момент в *кг.м²*
Двигатели с контактными кольцами									
МТ-11-6	2,2	885	7,2	0,72	64	12,8	2,3	135	0,17
МТ-12-6	3,5	910	10,7	0,73	70,5	12,2	2,5	204	0,27
МТ-21-6	5	940	14,9	0,68	74,5	20,6	2,9	164	0,41
МТ-22-6	7,5	945	20,9	0,69	78,5	21,6	2,8	227	0,57
МТ-31-6	11	953	28,4	0,71	82,5	35,6	3,1	200	1,05
МТ-31-8	7,5	702	21,2	0,69	77,5	28	2,6	185	1,05
МТ-41-8	11	715	30,8	0,67	81	46,7	2,9	155	1,86
МТ-42-8	16	718	42,5	0,69	82,5	46,3	3	222	2,7
МТ-51-8	22	723	56,5	0,7	84,5	70,5	3	197	4,4
МТ-52-8	30	725	71,6	0,74	86	73,3	3	257	5,7
МТ-61-10	30	574	80	0,67	84,5	133	3,3	142	13
МТ-62-10	45	577	110	0,71	87,5	138	3,2	206	17,5
МТ-63-10	60	577	133	0,77	88,5	160	2,9	253	22
МТ-71-10	80	582	190	0,71	89,5	167	3,3	294	40
МТ-72-10	100	584	239	0,71	89,5	170	3,3	368	48
МТ-73-10	125	585	286	0,73	90,5	175	3,4	442	57

Таблица 13

Крановые двигатели закрытые с внешним обдувом, ПВ = 25 %

Марка двигателя	Мощность на валу в *квт*	Скорость вращения в об/мин	Ток статора в *а* при напряжении 380 *в*	cos φ	К. п. д. в %	Кратность по отношению к номинальным величинам при ПВ=25% $\frac{M_{макс}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$	Допустимое по нагреву число пусков в час при работе вхолостую	Маховой момент ротора в *кгм²*
Двигатели с короткозамкнутым ротором										
МТК-11-6	2,2	883	6,4	0,76	68,5	2,6	2,6	3,3	1 600	0,16
МТК-12-6	3,5	875	9,6	0,78	70,5	2,6	2,6	3,6	1 600	0,25
МТК-21-6	5	910	13,4	0,75	75	3,1	2,9	4,3	1 100	0,39
МТК-22-6	7,5	905	19,3	0,76	77,5	3,1	3	4,4	900	0,55
МТК-31-6	11	920	26,4	0,78	81	3,4	3,2	5	750	1
МТК-31-8	7,5	682	19,1	0,76	78	3	2,9	4,5	1 200	1
МТК-41-8	11	685	28,8	0,73	79	3,2	3	4,5	900	1,78
МТК 42-8	16	685	39,6	0,76	80,5	3,3	3,1	4,8	800	2,6
МТК-51-8	22	692	52,6	0,77	82,5	3,1	2,8	5	550	4,2
МТК-52-8	28	695	64,6	0,79	83,5	3,2	2,8	5,2	550	5,5

5. ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПО КОНСТРУКТИВНОМУ ВЫПОЛНЕНИЮ

При выборе двигателя для электропривода той или иной машины или механизма, кроме мощности двигателя, напряжения, скорости вращения и др., учитываются также место установки и характер окружающей среды.

На открытом воздухе должны применяться электродвигатели закрытые обдуваемые (например, АО и др.);

в помещениях сырых — двигатели с влагостойкой изоляцией и защитой от капежа;

в пыльных помещениях: а) пыль или волокна, оседающие на обмотках электродвигателя, нарушают нормальное охлаждение или же вредно действуют на изоляцию (котельные, цементные склады и заводы, дробильные помещения и т. п.) — двигатели закрытые (например, АО или продуваемые чистым воздухом; б) при непроводящей негорючей пыли, легко удаляемой продувкой и не оказывающей разрушительного влияния на изоляцию, — двигатели открытые или в защищенном исполнении (например, А);

в помещениях сырых и одновременно пыльных, а также помещениях с проводящей или горючей пылью — двигатели закрытые (например, АО и др.);

в помещениях с едкими парами или газами — закрытые двигатели в герметическом исполнении либо закрытые, продуваемые с кислотоупорной изоляцией;

для помещений взрывоопасных и пожароопасных — тип электродвигателей выбирается по специальным указаниям «Правил устройства электроустановок», главы 3 и 4, раздела VII.

III. АППАРАТУРА УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ

1. РУБИЛЬНИКИ И РУБЯЩИЕ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ

Выбор рубильников и рубящих переключателей производится с учетом рабочего тока, а также их конструктивного выполнения в зависимости от места установки, вида монтажа и других условий (табл. 14)

Таблица 14

Рубильники и переключатели рубящие

Марки рубильников и переключателей	Номинальный ток в *а*	Исполнение
РО-3, ПО-3	100 200 400	С центральной рукояткой, без разрывных контактов и с задним присоединением, без плиты
РО-5, ПО-5	600 1 000	То же, но без переднего присоединения
РО 3	100 200 400	С центральной рукояткой, без разрывных контактов и с передним присоединением, без плиты
Р-3, П-3	100 200 400	С центральной рукояткой и разрывными контактами, с задним присоединением, без плиты
Р-5, П 5	600 1 000	То же
РП-3	200 400	С рычажным приводом и разрывными контактами, на плите
РП-5	600 1 000	То же
ПЦ-5	600 1 000	С цепным приводом и разрывными контактами, на плите

Примечание. Р — рубильники; П — переключатели.

2. ПАКЕТНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ И ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ

В цепях управления, сигнализации, местного освещения, а также в качестве ручных пускателей короткозамкнутых двигателей при частоте включения до 300 *в час* применяются пакетные выключатели и переключатели, основные данные которых приводятся в табл. 15.

Таблица 15

Пакетные выключатели и переключатели

Тип полюсов	Число полюсов	Номинальный ток в *а* при напряжении в *в*	
		220	380
Пакетные выключатели в открытом исполнении			
ПК-1-10	1	6	—
ПК-2-10, ПК-3-10	2 и 3	10	6
ПК-2-25, ПК-3-25	2 и 3	25	15
ПК-2-60, ПК-3-60	2 и 3	60	35
ПК-2-100, ПК-3-100	2 и 3	100	60
ПК-2-160, ПК-3-160	2 и 3	160	100
ПК-2-225, ПК-3-225	2 и 3	125	160
ПК-2-360, ПК-3-360	2 и 3	360	225
Пакетные переключатели на два Н2 и на три Н3 направления			
ПК-2-10/Н2, ПК2-10/Н3	2	10	6
ПК-3-10/Н2, ПК3-10/Н3	3		
ПК-2-25/Н2, ПК2-25/Н3	2	25	15
ПК-3-25/Н2, ПК3-25/Н3	3		
ПК-2-60/Н2, ПК2-60/Н3	2	60	35
ПК-3-60/Н2, ПК3-60/Н3	3		
ПК-2-100/Н2	2	100	60
ПК-3-100/Н2	3		
ПК-2-225/Н2	2	225	160
ПК-3-225/Н2	3		
Пакетные выключатели в герметическом исполнении			
ГПК-2-225, ГПК-3-225	2 и 3	225	160
ГПК-2-360, ГПК-3-360	2 и 3	360	250

3. МАГНИТНЫЕ ПУСКАТЕЛИ СЕРИИ П

Для дистанционного управления трехфазными асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором, напряжением до 500 *в* включительно применяются магнитные пускатели серии П (табл. 16). Они обеспечивают также нулевую защиту двигателя, предотвращая пов-

Магнитные пус

Величина	Тип пускателя с тепловой защитой	Предельная мощность в *квт* короткозамкнутых двигателей при напряжении в *в*			Номинальный ток пускателя в *а*		Тепловое реле
		220	380	500	защищенного	открытого	
II	Нереверсивный открытый П-212	4	5	5,5	—	22,5	РТ-1
II	Нереверсивный защищенный П-222	4	5	5,5	20	—	РТ-1
II	Реверсивный открытый П-214	4	5	5,5	—	22,5	РТ-1
II	Реверсивный защищенный П-224	4	5	5	20	—	РТ-1
III	Нереверсивный открытый П-312	11	15	18	—	45	РТ-2
III	Нереверсивный защищенный П-322	11	15	18	40	—	РТ-2
III	Реверсивный открытый П-314	11	15	18	—	45	РТ-2
III	Реверсивный защищенный П-324	11	15	18	40	—	РТ-2
IV	Нереверсивный открытый П-412	20	28	40	—	100	РТ-3
IV	Нереверсивный защищенный П-422	20	28	40	90	—	РТ-3
IV	Реверсивный открытый П-414	20	28	40	—	100	РТ-3
IV	Реверсивный защищенный П-424	20	28	40	90	—	РТ-3
V	Нереверсивный открытый П-512	37	55	75	—	150	РТ-4
V	Нереверсивный защищенный П-522	37	55	75	135	—	РТ-4
V	Реверсивный открытый П-514	37	55	75	—	150	РТ-4
V	Реверсивный защищенный П-524	37	55	75	135	—	РТ-4

* Нормально открытый.
** Нормально закрытый.

ДЛЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

торное включение его при внезапном появлении исчезнувшего ранее напряжения. В табл. 17 приводятся данные для выбора нагревательных элементов тепловых реле пускателей серии П.

Таблица 16

катели серии П

Соответствующий тип пускателя без тепловой защиты	Блок-контакты		Габаритные размеры в *мм*			Вес пускателя в *кг* (около)
	основные н. о.	дополнительные	высота *А*	ширина *Б*	глубина *П*	
П-211	1	1 н. о.* или 1 н. з.**	195	125	108	2,2
П-221	1	То же	240	157	146	4
П-213	2	2 н. о. или 2 н. з.	201	255	108	4,4
П-223	2	То же	280	370	150	8,4
П-311	1	1 н. о. или 1 н. з.	280	235	125	5,6
П-321	1	То же	370	280	200	10
П-313	2	2 н. о. или 1 н. з.	280	495	145	11,4
П-323	2	То же	395	525	210	23,4
П-411	1	2 н. о. или 1 н. о. и 1 н. о. и 1 н. з.	306	230	160	13
П-421	1	То же	493	305	202	24
П-413	2	4 н. о. или 2 н. о. и 2 н. о. и 2 н. з.	328	423	183	21
П-423	2	То же	490	503	203	44
П-511	1	2 н. о. или 1 н. о. и 1 н. з	380	270	200	16
П-521	1	То же	630	400	260	38
П-513	2	2. н. о. или 2 н. о. и 2 н. з.	420	580	212	32
П-523	2	То же	620	655	250	58

Таблица 17

Данные нагревательных элементов тепловых реле магнитных пускателей серии П

Номер нагревательного элемента	Номинальные токи двигателей в *а* и типы пускателей		Номер нагревательного элемента	Номинальные токи двигателей в *а* и типы пускателей	
	П-222, П-224	П-322, П-324		П-422, П-424	П-522, П-524
20	3,91— 4,2	4,41— 4,8	43	31—34	—
21	4,21— 4,7	4,81— 5,3	44	34—37	—
22	4,71— 5,2	5,31— 5,9	45	37—41	—
23	5,21— 5,8	5,91— 6,5	46	41—45	—
24	5,81— 6,3	6,51— 7,2	47	45—50	—
25	6,31— 7,2	7,21— 8	48	50—55	—
26	7,21— 8	8,01— 8,8	49	55—60	—
27	8,01— 8,8	8,81— 9,7	50	60—65	—
28	8,91— 9,7	9,71—10,7	51	65—70	—
29	9,71—10,7	10,71—11,7	52	70—77	—
30	10,71—11,6	11,71—13	53	77—85	—
31	11,61—12,8	13,01—14,5	54	85—95	—
32	12,81—13,8	14,51—16,2	55	95—105	—
33	13,81—13,8	16,21—18	56	—	60—65
34	15,21—16,8	18,1 —20	57	—	65—70
35	16,81—18,3	20,1 —22	58	—	70—77
36	18,31—20	22,1 —24	59	—	77—85
37	—	24,1 —26	60	—	85—95
38	—	26,1 —28,5	61	—	95—105
39	—	28,6 —31,5	62	—	105—115
40	—	31,6 —34,5	63	—	115—125
41	—	34,6 —38	64	—	125—135
42	—	38,1 —41,5	65	—	135—150

4. ВОЗДУШНЫЕ АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Воздушные автоматические выключатели серии А-2000 (табл. 18) применяются в электроустановках переменного тока до 500 *в* и постоянного тока до 440 *в* и служат для нечастых включений цепей вручную и автоматического отключения цепей при перегрузках, исчезновении или снижении напряжения. Они осуществляют максимально мгновенную защиту.

Уставка тока регулируется при помощи передвижения указателя по шкале токов.

Таблица 18

Воздушные автоматические выключатели серии А-2000 (двух- и трехполюсные)

Марка выключателя	Номинальный ток в *а*		Токи уставки в *а*	Разрывная способность выключателя в *а*
	выключателя	катушки максимального расцепителя		
А-2010	200	140 200	140—200—280 200—280—400	15 000 30 000
А-2020	400	400	400—600—800	15 000 30 000
А-2030	600	600	600—900—1 200	15 000 30 000
А-2050	1 500	1 000	1 000—1 500—2 000	25 000

Автоматические воздушные выключатели (установочные автоматы) серии А-3100 (табл. 19) служат для защиты электроустановок при перегрузках и коротких замыканиях, в частности, для защиты изолированных кабелей и проводов от недопустимого нагрева при этих режимах, а также для нечастых включений силовых электрических цепей. Выпускаются они с расцепителями: тепловыми, электромагнитными (мгновенного действия) и комбинированными (тепловой и электромагнитный).

Таблица 19

Автоматические воздушные выключатели серии А-3100

Марка выключателя	Номинальный ток в *а*	Число полюсов	Вид расцепителя	Номинальный ток расцепителя в *а*	Уставка расцепителя (кратность к номинальному току)	
					теплового	электромагнитного
А-3100	50	1	Тепловой	15, 20, 25, 30, 40, 50	1,2	—
		2	То же	15, 20, 25, 30, 40, 50	1,2	—
		3	„	15, 20, 25, 30, 40, 50	1,2	—
А-3110	100	2	Комбинированный	15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 85, 100	1,275	10
			Электромагнитный	15, 20, 25, 40, 70, 100	—	10
		3	Комбинированный	15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 85, 100	1,275	10
			Электромагнитный	15, 20, 25, 40, 70, 100	—	10
А-3120	100	2	Комбинированный	15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100	1,275	430, 600 и 800*а**
			Электромагнитный	100	—	430, 600 и 800 *а**
		3	Комбинированный	15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100	1,275	430, 600 и 800 *а**
			Электромагнитный	100	—	430, 600 и 800 *а**

* В отмеченных случаях уставка электромагнитного расцепителя дана не в кратности к номинальному, а в амперах.

Продолжение табл. 19

Марка выключателя	Номинальный ток в *а*	Число полюсов	Вид расцепителя	Номинальный ток расцепителя в *а*	Уставка расцепителя (кратность к номинальному току)	
					теплового	электромагнитного
А-3130	200	2	Комбинированный	120, 140, 170, 200	1,275	7
			Электромагнитный	200	—	840, 1 000, 1 200 и 1 400 *а**
		3	Комбинированный	120, 140, 170, 200	1,275	7
			Электромагнитный	200	—	840, 1 000, 1 200 и 1 400 *а**
А-3140	600	2	Комбинированный	250, 300, 350, 400, 500, 600	1,275	7
			Электромагнитный	600	—	1 750—4 200 *а**
		3	Комбинированный	250, 300, 350, 400, 500, 600	1,275	7
			Электромагнитный	600	—	1 750—4 200 *а**

* В отмеченных случаях уставка электромагнитного расцепителя дана не в кратности к номинальному току, а в амперах.

5. КОНТАКТОРЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Для дистанционного включения и отключения силовых цепей переменного тока применяются контакторы переменного тока КТ и КТЭ с нормально открытыми главными контактами с гашением дуги, отключающими ток в пределах не более 7-кратного нормального. Отключение тока контактами без гашения не допускается. Катушки всех контакторов КТ выпускаются для питания переменным током 110, 127, 220 или 380 *в* и постоянным током 110 или 220 *в*.

Таблица 20

Контакторы переменного тока

Марка контактора	Величина	Число главных контактов н. о.	Номинальный ток в *а*	Мощность катушки в *ва*	Собственное время отключения в сек.	Предельная мощность асинхронных двигателей в *квт* при напряжении 380 *в*	Вес без плиты в *кг*
КТЭ-12	II	1	75	75	0,05	30	4,3
КТ-22Е-Б	II	2					5
КТЭ-22	II	2					5
КТ-32Е-Б	II	3					6
КТЭ-32	II	3					6
КТЭ-13	III	1	150	150	0,08	65	9,8
КТ-23А-Б	III	2					11,2
КТЭ-23	III	2					11,2
КТ-33А	III	3					12,5
КТ-33	III	3					12,5
КТЭ-14	IV	1	300	370	0,1	130	19,2
КТ-24А	IV	2					23,1
КТЭ-24	IV	2					23,1
КТЭ-34 А	IV	3					26,9
КТЭ-34	IV	3					26,9
КТЭ-15	V	1	600	800	0,05	250	42,5
КТ-24А	V	2					50,7
КТЭ-25	V	2					50,7
КТ-35А	V	3					59,6
КТЭ-35	V	3					59,6

6. КОНТРОЛЛЕРЫ И КОМАНДОКОНТРОЛЛЕРЫ

Таблица 21

Контроллеры кулачковые для переменного тока до 500 *в*

Марка контроллера	Число ступеней	Ток ротора электродвигателя в *а*	Номинальная мощность в *квт* при напряжении в *в*		Вес в *кг*	Назначение
			220	380		
НТ-51	5	75	12	16	28	Для управления статорной и роторной цепями
НТ-52	5	75	12	16	26	Для управления роторными цепями двух электродвигателей
НТ-53	1	—	9	11	28	Для управления короткозамкнутым электродвигателем
НТ-151	7	200	65	100	85	Для управления статорной и роторной цепями
НТ-101	6	150	30	45	75	То же
НТ-102	6	150	30	45	85	Для управления роторными цепями двух электродвигателей

Таблица 22

Командоконтроллеры

Тип	Число цепей	Число рабочих положений в каждую сторону от нуля
КА-5000	4—18	1—0—1
КН-2100	—	7—0—7
КН-2200	—	4—0—0, 5—0—0 и 6—0—0
КА-5200	2—8	1—0—1
КА-4000	2—24	5—0—5

7. ТОРМОЗНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Таблица 23

Однофазные тормозные электромагниты МО для напряжения 220, 380 и 500 *в*

Тип	Ход якоря в *мм*	Усилие электромагнита в *кг*	Вес магнита в *кг*	Допустимое число включений в час
МО-100Б	2	27	3,5	300
МО-200Б	3	105	13	300
МО-300Б	3	237	35	300

Таблица 24

Трехфазные тормозные электромагниты КМТ для напряжения 220, 380 и 500 *в*

Тип	Тяговое усилие в *кг*	Вес якоря в *кг*	Максимальный ход якоря* в *мм*	Вес магнита в *кг*	Кажущаяся мощность в *ва*		При выборе главных предохранителей к величине тока прибавляется в *а*		Допустимое число включений в час.
					в момент включения	при втянутом сердечнике	при 220 *в*	при 380 *в*	
КМТ-100	8	2	20	9	**2 700**	330	1	1	100
КМТ-101	10	2,8	40	14	**7 700**	500	3	2	600
КМТ-102	20	4,5	50	22	**14 000**	600	6	4	600
КМТ-103	35	9,7	50	36	**23 000**	750	9	5	600
КМТ-104	70	19,8	50	67	**44 000**	2 500	19	11	600
КМТ-106	115	33	60	183	96 000	3 600	35	20	600
КМТ-107	140	42	80	213	120 000	6 500	55	32	600

* Ход якоря указан для частоты включений 150 в час; при частоте включений 600 в час указанные значения уменьшаются вдвое.

8. ПРЕДОХРАНИТЕЛИ С ПЛАВКИМИ ВСТАВКАМИ

Данные о наиболее применяемых предохранителях приводятся в табл. 25, 26 и 27.

Однополюсные предохранители серии ПР-2 (табл. 25), трубчатые, с закрытыми разборными патронами из фибровой трубки и без заполнителя выпускаются для напряжения до 220 и 500 *в*. Предохранители поставляются на изоляционной плите или без плиты

Таблица 25

Трубчатые предохранители серии ПР-2 для напряжения до 220 и 500 *в*

Номинальный ток предохранителя в *а*	Номинальные токи плавких вставок в *а*	Предельная разрывная способность в *а*
15	6, 10, 15	1 200
60	15, 20, 25, 35, 60	5 500
100	60, 80, 100	10 000
200	100, 125, 160, 200	10 000
350	200, 225, 260, 300, 350	10 000
600	350, 430, 500, 600	10 000—12 000
1 000	600, 700, 850, 1 000	12 000

Насыпные трубчатые разборные предохранители серии НПР, выпускаемые на токи 100, 200 и 350 *а*, и малогабаритные неразборные серии НПН со стеклянной трубкой, выпускаемые на токи 15 и 60 *а*, имеют разрывную способность аналогично предохранителям серии ПР-2 (табл. 25).

Таблица 26

Предохранители серии ПН-2, квадратные, с наполнителем для напряжения до 500 *в*

Марка предохранителя	Номинальный ток предохранителя в *а*	Номинальные токи плавких вставок в *а*
ПН2-100/II	100	30, 40, 50, 60, 80, 100
ПН2-250/II	250	80, 100, 120, 150, 200, 250
ПН2-400/II	400	200, 250, 300, 400
ПН2-600/II	600	300, 400, 500, 600

Примечание. Разрывной ток при 380 *в* — 25 000 *а*.

Таблица 27

Установочные (пробочные) предохранители

Наименование и марка предохранителя	Напряжение в *в*	Номинальные токи в *а*		Размеры в *мм*			
		основания	плавких вставок (пробок) и контактных винтов	длина	ширина	высота без контактного винта	диаметр контактного винта
С прямоугольным основанием							
Малые Е-14	250	10	4, 6, 10	70	40	40	М4
Нормальные Е-27	500	20	4, 6, 10, 15, 20	90	50	55	М5
Большие Е-33	500	60	10, 15, 20, 25, 35, 60	110	60	60	М6
С квадратным основанием							
Нормальные Е-27	500	20	4, 6, 10, 15, 20	55	55	50	М5
Большие Е-33	500	60	10, 15, 20, 25, 35, 60	65	65	60	М6

IV. УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ

На рис. 2, 3 и 4 показаны наиболее применяемые схемы автоматизированного пуска асинхронных двигателей[1].

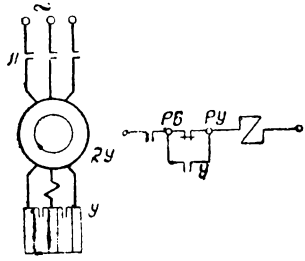


Рис. 2. Схема пуска асинхронного двигателя с контактными кольцами в функции тока

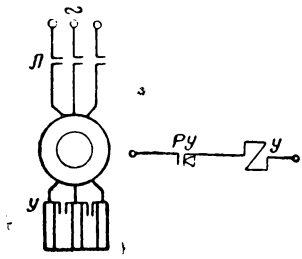


Рис. 3. Схема пуска асинхронного двигателя с контактными кольцами по принципу независимой выдержки времени

По схеме, приведенной на рис. 2, осуществляется пуск двигателя в функции тока (контроля величины тока).

Эта схема применяется для пуска асинхронных двигателей с контактными кольцами при частых включениях двигателя. К недостаткам управления в функции тока относятся значительное число контакторов в схеме и сложность настройки реле.

Наиболее применяемой является схема пуска двигателей с независимой выдержкой времени (рис. 3).

На рис. 4 показана схема динамического торможения асинхронного двигателя с независимой выдержкой времени.

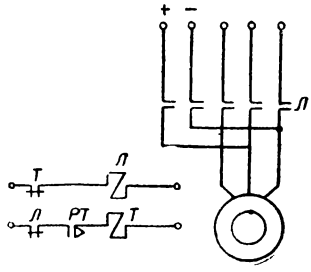


Рис. 4. Схема торможения асинхронного двигателя с независимой выдержкой времени

1. СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ С АСИНХРОННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

Электропривод с асинхронным короткозамкнутым двигателем, не требующим регулирования скорости и изменения направления вращения, управляется дистанционно при помощи линейного контактора *Л* и кнопок «Пуск» и «Стоп» (рис. 5). Контактор *Л* и тепловые реле *1РТ* и *2РТ* могут быть заменены одним магнитным пускателем.

[1] Условные обозначения элементов электрических схем и обозначения электрических аппаратов приведены в настоящем разделе (табл. 28).

В электроприводе, где требуется изменение направления вращения, реверсирование такого же двигателя производится с помощью контакто-

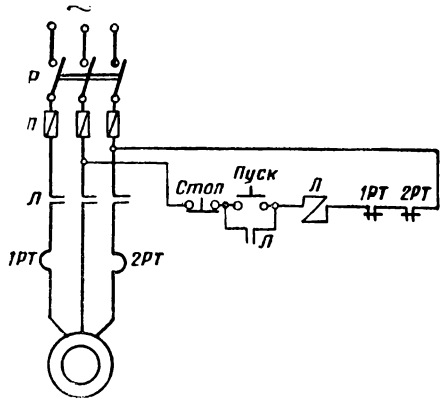


Рис. 5. Схема управления электроприводом с нереверсивным асинхронным короткозамкнутым двигателем

ров *В* («Вперед») и *Н* («Назад») и соответствующих кнопок управления (рис. 6). Для предотвращения одновременного включения контак-

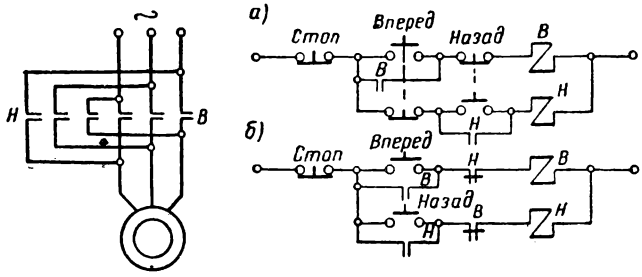


Рис. 6. Схема включения катушек реверсирующих контакторов с блокировками от одновременного их включения

а — блокировка с помощью кнопок; *б* — блокировка н. з. контактами контакторов *В* и *Н*

торов *В* и *Н* схемой предусматриваются блокировки цепей: электрическая — при помощи двухцепных кнопок и механическая или при помощи н. з. контактов контакторов *В* и *Н*.

[1] Н. з. (нормально закрытый) контакт электромагнитного аппарата закрыт, когда ток в его катушке не протекает; н. о. (нормально открытый) контакт аппарата при этом открыт.

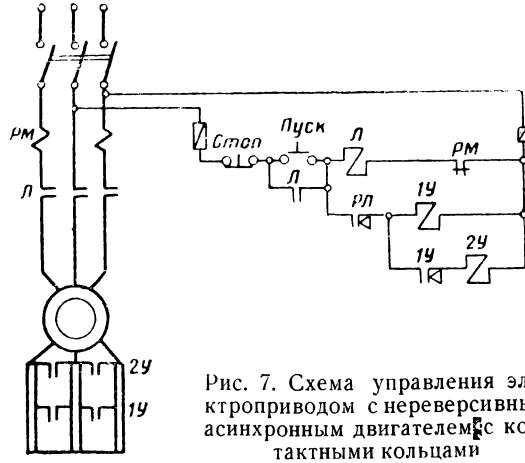
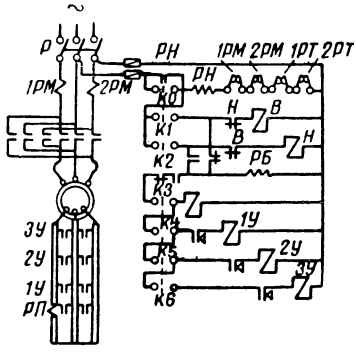


Рис. 7. Схема управления электроприводом с нереверсивным асинхронным двигателем с контактными кольцами



Контроллер	Назад 4	3	2	1	0	Вперед 1	2	3	4
К0					×				
К1						×	×	×	×
К2	×	×	×	×					
К3	×	×	×	×		×	×	×	×
К4	×	×	×				×	×	×
К5	×	×						×	×
К6	×								×

× Контакт закрыт

Рис. 8. Схема управления электроприводом с реверсивным двигателем с контактными кольцами

Управление электроприводом с асинхронным двигателем с контактными кольцами, если требуется автоматический пуск без реверсов и регулирования скорости, осуществляется по принципу независимой выдержки времени при помощи пристроенных к контакторам реле времени маятникового типа (рис. 7).

Для реверсирования таких приводов предусматривается пуск двигателя с независимой выдержкой времени и торможением при помощи реле *РП* (рис. 8) в зависимости от величины тока в роторной цепи. Схема управления симметричная: при вращении двигателя вперед или

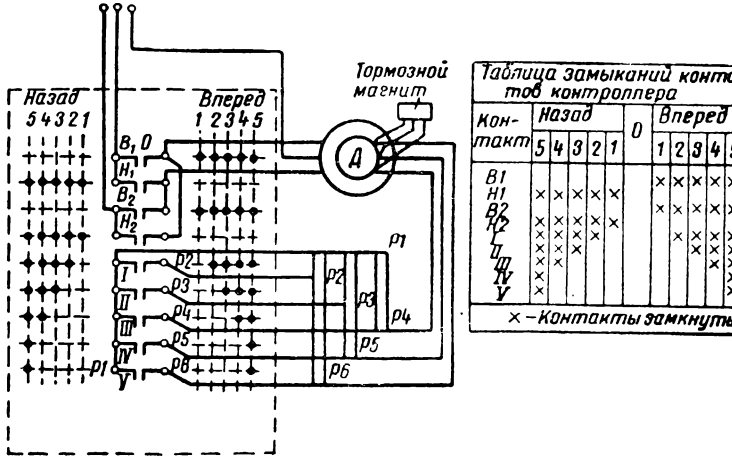


Рис. 9. Схема управления электроприводом с реверсированием и регулированием скорости асинхронного двигателя с контактными кольцами

назад в его роторную цепь должны быть введены одинаковые сопротивления.

Для реверсирования и регулирования скорости в схеме электропривода с асинхронным двигателем с контактными кольцами применяется командоконтроллер (рис. 9). Наибольшее применение эта схема имеет для привода механизма передвижения кранов. Пуск «Вперед» и «Назад» осуществляется в несколько ступеней. При пуске двигателя напряжение одновременно подается на обмотку статора и на электромагнит тормоза, оттягивающий тормозные колодки шкива. При отключении двигателя от сети электромагнит теряет питание, и тормозные колодки прижимаются к шкиву. В схеме имеются (не показанные на рис. 9) конечные выключатели *КВ* и *КН* с ограничителями, отключающими двигатель в крайних точках пути движения крана.

На рис. 10 представлена схема управления электроприводом с асинхронным двигателем с контактными кольцами для привода механизмов подъема. Управление осуществляется командоконтроллером, включающим аппаратуру, при помощи которой достигается плавность подъема и опускания груза.

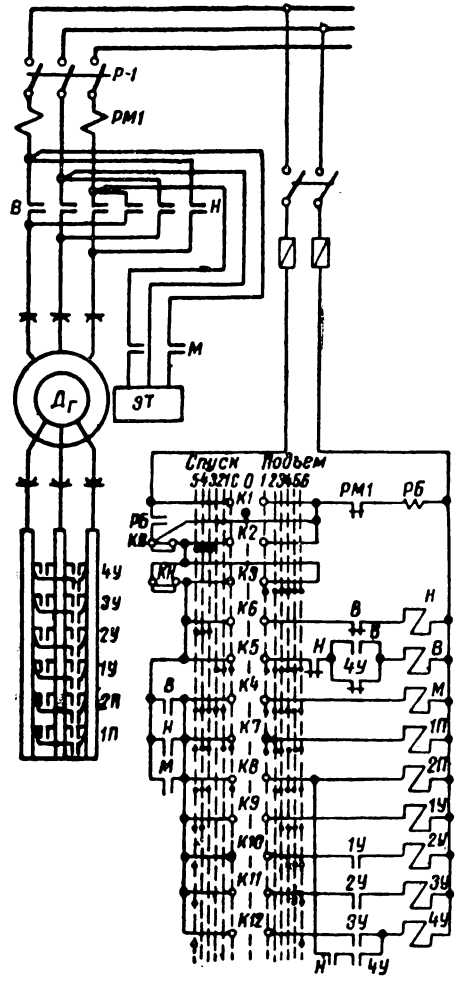


Рис. 10. Схема управления электроприводом с противовключением асинхронного двигателя с контактными кольцами

Схема управления несимметричная. Опускание тяжелого груза может производиться в режиме противовключения или в режиме рекуперации (при синхронных скоростях вращения) с отдачей энергии в сеть.

В последнем случае при передвижении рукоятки командоконтроллера к нулю контакт *4У* остается закрытым и шунтирует регулируемую часть сопротивления роторной цепи, чем предотвращается чрезмерное возрастание скорости, и двигатель работает на жесткой характеристике.

2. СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ ПО СИСТЕМЕ «ГЕНЕРАТОР — ДВИГАТЕЛЬ»

Регулирование скорости и механических характеристик электроприводов эффективно обеспечивается применением системы «генератор — двигатель» (Г—Д), используемой главным образом в приводах мощных экскаваторов и других сложных машин.

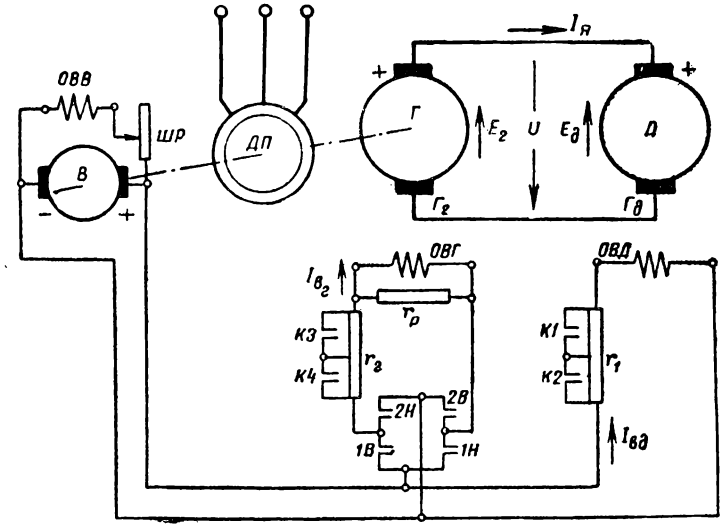


Рис. 11. Схема системы Г—Д—О

Разновидностями системы «генератор — двигатель» являются:

система Г—Д — с одноступенчатым возбуждением (Г—Д—О) и квадратичным (Г—Д—К);

система ТГ—Д — с трехобмоточным генератором;

система Г—Д—ЭМУ — с электромашинным усилителем.

Кроме того, применяются также системы Г—Д с электронно-тиратронным управлением.

В системе Г—Д скорость вращения приводного двигателя Д регулируется путем изменения сопротивления в цепи возбуждения генератора, что дает соответствующее изменение напряжения на зажи-

мах приводного двигателя. Реверсирование его производится переключателем в цепи возбуждения генератора.

Достоинства системы Г—Д—О (рис. 11) достаточно большие пределы регулирования скорости, плавность пуска и торможения, точность и легкость управления.

Недостатки — увеличение против обычного привода числа электрических машин и потери на преобразование энергии.

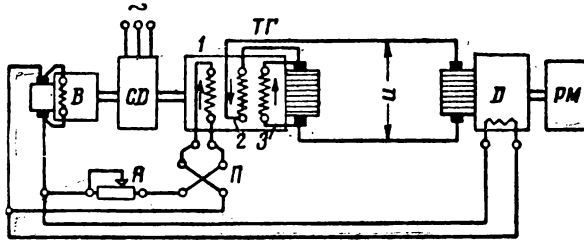


Рис. 12. Принципиальная схема системы ТГ-Д

Система Г—Д—К применяется на мощных установках с большой частотой реверсов; отличается от системы Г—Д—О наличием у генератора и двигателя отдельных возбудителей.

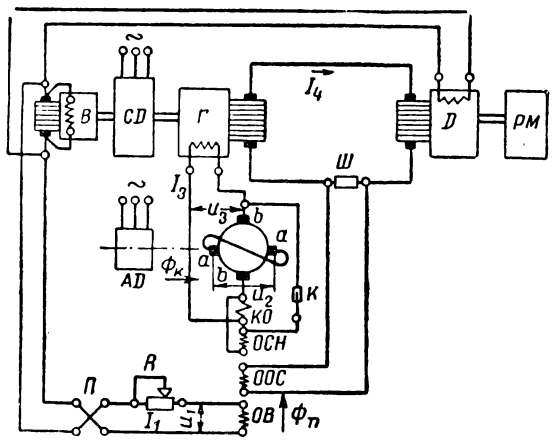


Рис. 13. Принципиальная схема системы Г-Д-ЭМУ

Система ТГ—Д (рис. 12) имеет генератор с тремя обмотками: независимого возбуждения *1*, последовательную *2* (противокомпаундную) в главной цепи системы, действующую навстречу *1* и *3* обмоткам, и обмотку самовозбуждения *3*, действующую согласно с обмоткой *1*.

Система ТГ—Д обеспечивает высокую производительность механизма и его защиту от предельных нагрузок.

Система Г—Д—ЭМУ (рис. 13) обеспечивает поддержание заданных напряжений, скорости вращения, тока и т. д. при изменении режима работы двигателя.

Электромашинный усилитель (ЭМУ) используется как возбудитель и регулятор напряжения. ЭМУ представляет собой машину постоянного тока с несколькими обмотками возбуждения, при помощи которых работа системы регулируется в очень широких пределах. Малые габариты, высокая надежность в работе и малые потери энергии являются преимуществами ЭМУ.

Намагничивающие силы задающей обмотки и обмотки управления направлены навстречу друг другу таким образом, что сумма их н. с. обеспечивает номинальное возбуждение генератора. При снижении напряжения на генераторе размагничивающее действие обмотки управления уменьшается, и напряжение на зажимах генератора вновь повышается. Применение ЭМУ значительно сокращает количество и габариты аппаратуры управления.

3. СХЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ДРОССЕЛЯМИ НАСЫЩЕНИЯ

Схемы с дросселями насыщения обеспечивают в ограниченной области нагрузок возможность получения достаточно жестких механических характеристик в диапазоне регулирования скорости в пределах от 1 до 10. При большой глубине регулирования и значительных нагрузках двигатель работает с пониженным коэффициентом мощности.

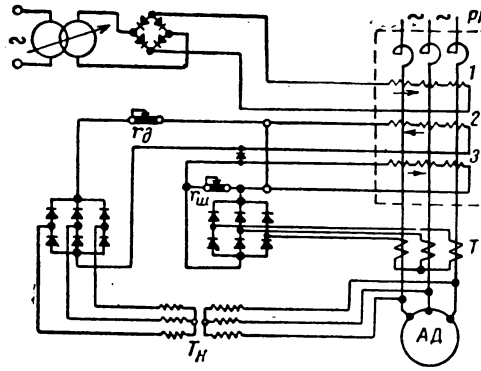


Рис. 14. Схема автоматического поддержания постоянства скорости асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором при использовании реактора с подмагничиванием и обратных связей

1 — управляющая обмотка; *2* — обмотка обратной связи; *3* — компаундирующая обмотка

Регулирование дросселями насыщения позволяет в некоторых случаях отказаться от применения сложных и дорогих систем Г—Д.

На рис. 14 приведена одна из таких схем для асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Реактор насыщения *РН* имеет три обмотки подмагничивания: управляющую *1*, обмотку *2* положительной обратной связи по току и обмотку *3* отрицательной обратной связи по напряжению на зажимах статора двигателя. При возрастании статического момента на валу двигателя будет увеличиваться потребляемый ток, а за счет возросшего падения напряжения в реакторе будет уменьшаться напряжение на зажимах статора. Оба эти фактора приведут к увеличению намагничивания реактора и уменьшению индуктивного сопротивления, а следовательно, к повышению напряжения на зажимах двигателя.

Механические характеристики привода регулируются сопротивлениями обратных связей $r_д$ и $r_ш$.

4. СИСТЕМЫ СИНХРОННОГО ВРАЩЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ

Синхронное вращение двигателей в электроприводе применяется при большой удаленности друг от друга приводимых звеньев установки, которые должны иметь одинаковые скорости и угловые перемещения

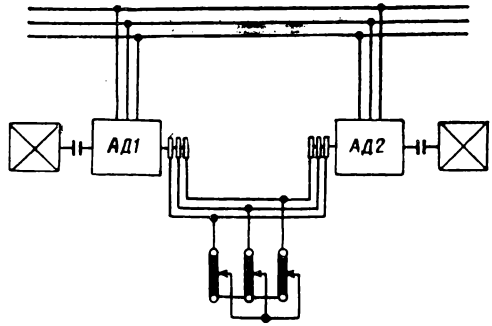


Рис. 15. Система синхронного вращения „электрический вал" с электрической связью роторов приводных двигателей (без вспомогательных двигателей)

(механизмы передвижения козловых и портальных кранов и др.). Для упрощения кинематики рабочего механизма в таких случаях целесообразна установка отдельных двигателей для каждого рабочего звена с обеспечением их синхронного вращения («электрический вал»).

Системы электрического вала могут быть:

а) без вспомогательных двигателей (рис. 15), простые в исполнении с малым числом аппаратуры управления и машин;

б) со вспомогательными машинами (рис. 16).

Системы без вспомогательных двигателей применяются, когда возможная относительная разность моментов на валах двигателей невелика. В цепи их роторов всегда должно быть невыводимое активное сопротивление, с тем чтобы скольжение двигателей при нормальной работе было не менее 30—40% (что приводит к значительной потере электроэнергии).

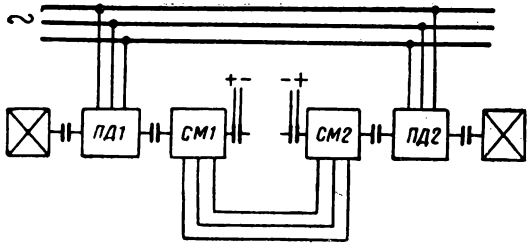


Рис. 16. Система синхронного вращения „электрический вал" с вспомогательными синхронными машинами

Системы с вспомогательными двигателями не имеют недостатков первой системы, но более сложны и состоят из большого числа машин и аппаратуры. В качестве вспомогательных применяются синхронные или асинхронные машины с контактными кольцами.

5. СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОСКОРОСТНЫМИ АСИНХРОННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

На рис. 17 изображена схема управления двухскоростным асинхронным двигателем, позволяющая переключать обмотки статора с треугольника на двойную звезду и изменять направление вращения двигателя. Переключение обмоток выполняется контактором малой скорости M и контакторами большей скорости $Б_1$ и $Б_2$.

Станции управления двух-, трех- и четырехскоростными асинхронными двигателями мощностью от 0,45 до 55 *квт* изготовляются Чебоксарским электроаппаратным заводом. Управление кнопочное, питание цепей управления — переменным током, пуск ступенчатый и бесступенчатый.

6. АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ И БЛОКИРОВКИ В СХЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ

Автоматизация управления электроприводами осуществляется применением в их схемах специальной аппаратуры, обеспечивающей (без участия обслуживающего персонала):

а) пуск двигателей, регулирование скорости вращения и изменение направления вращения, торможение и отключение двигателей;

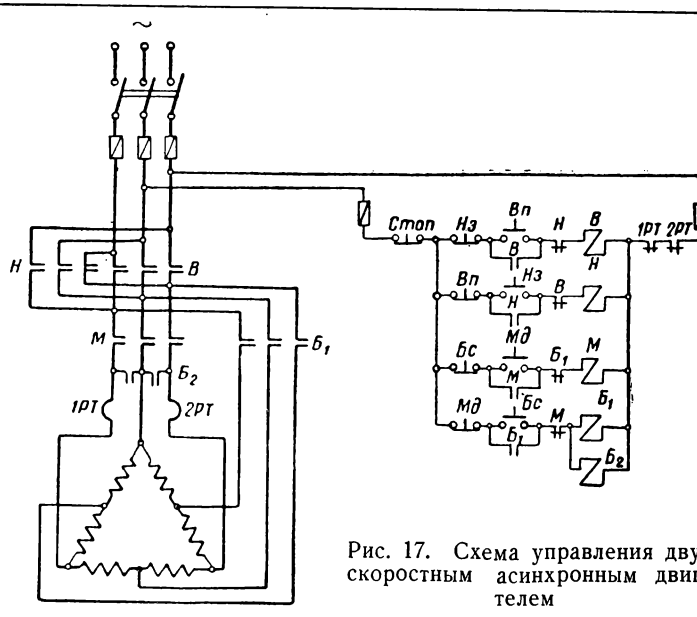


Рис. 17. Схема управления двухскоростным асинхронным двигателем

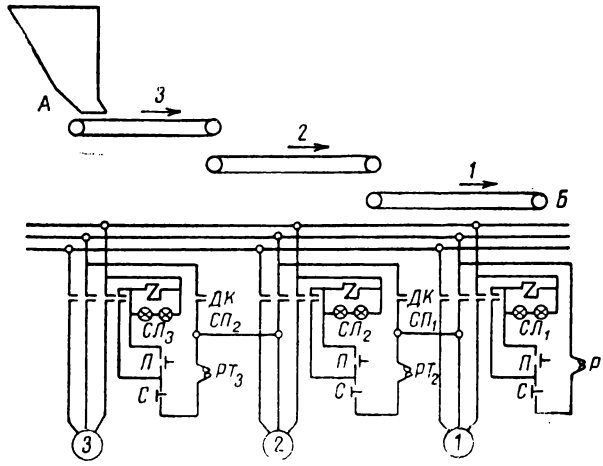


Рис. 18. Схема управления электроприводами и блокировки для трех транспортеров

1, 2, 3 — транспортеры

б) действие блокировок для обеспечения заданной последовательности технологических операций и для предотвращения неправильного действия отдельных звеньев установки.

На рис. 18 приведена схема управления электроприводами и блокировки для трех транспортеров, подающих материал из пункта *А* в пункт *Б*. В цепи блок-контактов магнитных пускателей двигателей *2* и

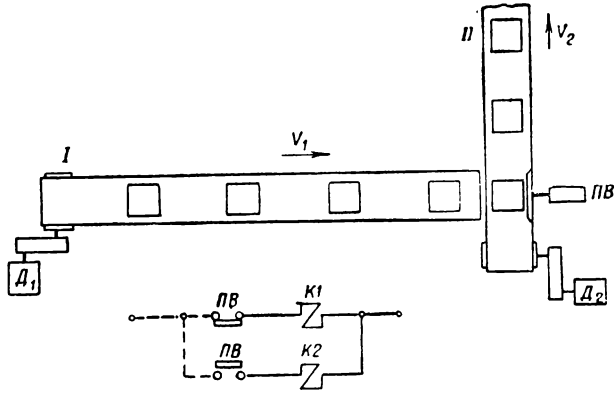


Рис. 19. Схема блокировки контакторов двух двигателей конвейеров путевым выключателем

3 включены дополнительные н. о. контакты *ДК*, действие которых обеспечивает последовательность пуска двигателей, а также остановку линии при неполадках в электрической части установки. Последовательность пуска двигателей: *1*, *2* и *3*: каждый последующий двигатель не может быть включен, пока не работает предыдущий. При остановке двигателя *1* размыкается средняя фаза и прерывается цепь управления остальными двигателями, которые также останавливаются. Для независимой работы каждого транспортера (наладка, ремонт) дополнительный контакт *ДК* должен быть замкнут.

На рис. 19 показана схема блокировки двигателей двух конвейеров с применением путевого выключателя *ПВ*. Схема применяется, когда на конвейер *II* требуется подавать детали через определенные промежутки времени.

Представленная на рис. 20 схема автоматизации электроприводов насосной установки имеет поплавковые реле с регулировкой производительности при помощи задвижки на нагнетательном трубопроводе и с блокировкой пуска при открытой задвижке.

Реле уровня *РУ*, замыкая цепь *1—2*, вызывает срабатывание реле *1РП*; замыкается цепь *3—4* вакуум-насоса и срабатывает *2РП* с одновременным замыканием цепи *3—8* контроля длительности пуска и срабатыванием реле *РВ*; замыкается цепь *13—14*, пускается двигатель вакуум-насоса и открывается кран залива *КЗ*. После полного залива насоса срабатывает *РЗ*; замыкается цепь *3—6*, срабатывает *3РП*; замыкается цепь *19—16* и пускается двигатель насоса с одновременным отпа-

данием реле *2РП*; размыкается цепь *13—14*, вакуум-насос останавливается и кран *КЗ* закрывается.

После достижения нормального давления за насосом срабатывает *РД*; замыкается цепь *3—10*, срабатывает *4РП*; замыкается цепь *23—16* и пускается двигатель задвижки. После полного открытия задвижки переключаются контакты путевого переключателя *ВК*, размыкаются цепи *23—16*, *3—8* и *3—10*, двигатель задвижки останавливается, реле *РВ* отпадает, не успев замкнуть своих контактов. Агрегат продолжает нормально работать до тех пор, пока контакты *РУ* не разомкнутся.

При достижении требуемого уровня в баке и размыкании контактов *РУ* разрывается цепь *1—2*, отпадает реле *1РП*; размыкаются цепи *3—6* и *3—10*, отпадают реле *3РП* и *4РП*; размыкается цепь *19—16*, за-

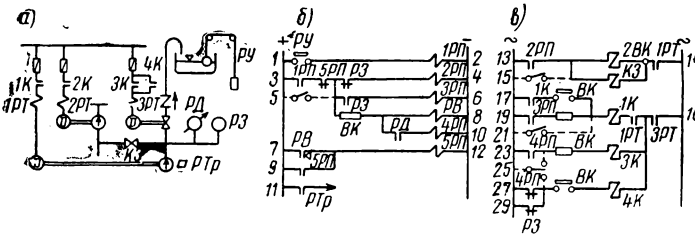


Рис. 20. Схема автоматизации электроприводов насосной установки с поплавковым реле

а — схема трубопроводов и первичных электрических соединений; *б* — схема автоматического управления; *в* — схема включения катушек контакторов; *РУ* — реле уровня: *1РП — 5РП*— промежуточные реле; *РВ* — реле времени с выдержкой 10 сек.; *РД* — реле давления; *РЗ* — реле залива (при наличии вакуум-насоса может применяться вакуум-реле); $РТ_р$ —термореле у подшипников насоса; *1К — 4К* — контакторы; *1РТ — 3РТ* — реле максимального тока; *ВК* — путевой переключатель задвижки

мыкаются цепи *27—16* и *29—16* и пускается двигатель задвижки. После полного закрытия задвижки переключаются контакты путевого переключателя *ВК*, размыкаются цепи *17—16* и *27 (29)—16* и двигатели насоса и задвижки останавливаются.

При перегреве подшипников насоса срабатывает термореле $РТ_р$ и замыкает цепь сигнализации *11*.

На рис. 21 приведена схема автоматического управления электроприводами насосной установки без поплавкового реле. Установка имеет два насоса, из которых один резервный.

Датчиками служат газовые оцинкованные трубы — электроды, установленные в баке водонапорной башни на различных уровнях.

В баке водонапорной башни труба Э-4 является электродом для отключения двигателя при минимальном уровне воды.

Когда рабочий бак заполнен водой, по катушке реле *ПН2* проходит ток, замыкается н. о. контакт *ПН2*, и тем самым схема автоматического управления подготовлена к работе. Реле *ПН2*, *ПАВ*, *ПУВ*, *ПУН* и *ПАН* представляют собой телефонные реле постоянного тока на 12 *в* с сопротивлением 100 *ом*. Для питания реле служат селеновые выпрямители *ВС1—ВС9*.

Когда уровень воды понижается ниже отметки, электрод *Э4*, фиксирующий нижнюю отметку, разорвет цепь тока катушки реле *ПУН*; при этом н. з. контакт *ПУН* (*3—5*) замкнется и получит питание катушка *1РП*, которая своим н. о. контактом включит двигатель насоса.

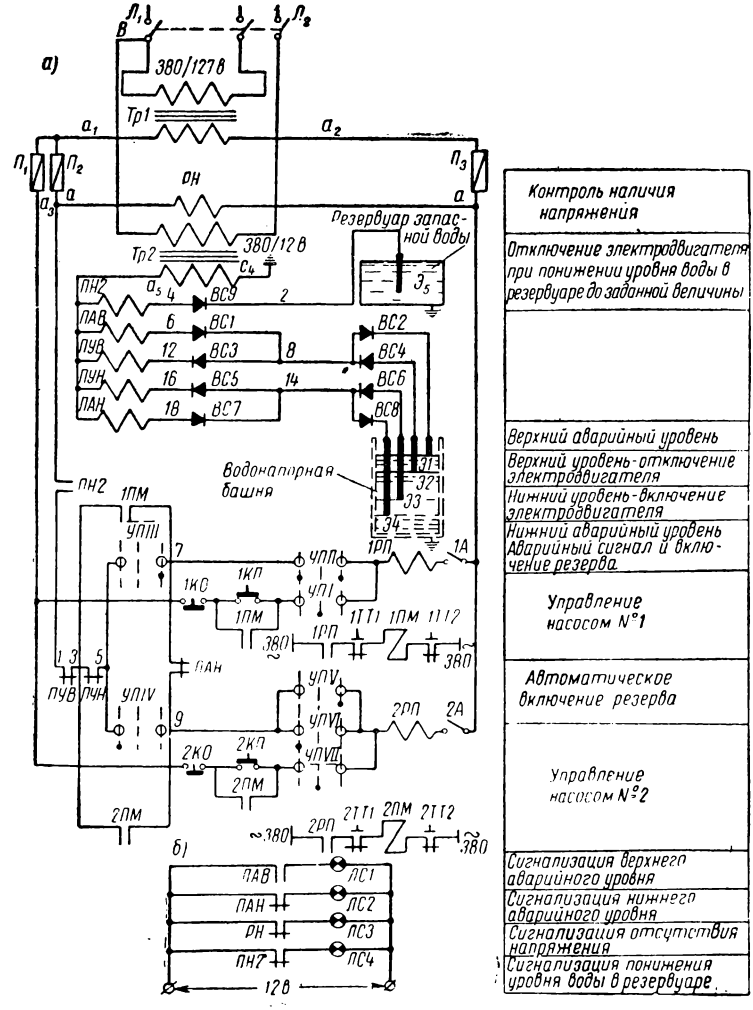


Рис. 21. Схема автоматического управления электроприводами насосной установки без поплавковых реле

а — цепь управления; *б* — цепь аварийной сигнализации

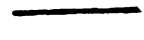
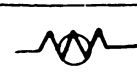
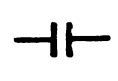
При подъеме уровня воды в баке до электрода *Э3* катушка *ПУН* получит питание и разомкнет свой н. з. контакт (*3—5*), но двигатель, будет продолжать работать, так как катушка реле *РП*, управляющая пускателем *1ПМ*, будет теперь питаться через блок-контакт *1ПМ* (*3—7*). Когда уровень воды достигнет электрода *Э2*, фиксирующего наполнение бака, замкнется цепь катушки реле *ПУВ*; при этом разомкнется н. з. контакт *ПУВ* (*1—3*), двигатель остановится и насос перестанет подавать воду.

Аналогично включается в работу двигатель *2* другого насоса, для чего рукоятка переключателя *УПVII* ставится вправо на 45°.

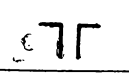
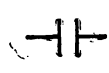
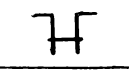
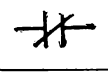
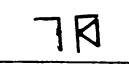
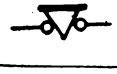
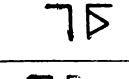
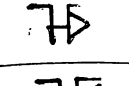
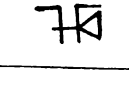
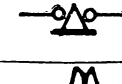
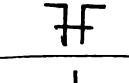
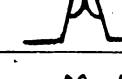
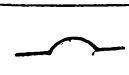
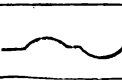
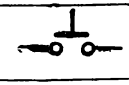
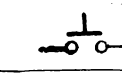
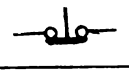
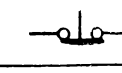
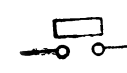
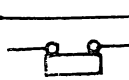
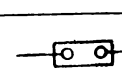
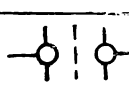
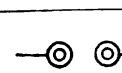
В схемах автоматизации электроприводов компрессорных установок применяются контактные манометры, включающие магнитные пускатели двигателей при давлении ниже заданного или выключающие их при достижении нормального давления воздуха в ресивере. Контактные манометры МГ-278 (показывающий) и МГ-618 (самопишущий) имеют два предела регулирования.

Таблица 28

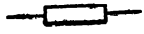
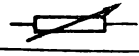
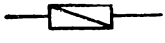
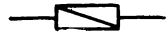
Условные обозначения элементов электрических схем и обозначения электроаппаратов

Обозначения		Элементы схем
по ГОСТ 7624-55	отмененные	
		Провод силовой цепи
		„ цепи управления
		Катушка контактора
		„ реле напряжения
—		„ „ „ с гильзой
		„ токового реле
		Нормально открытый силовой контакт
		То же, нормально закрытый

Продолжение табл. 28

Обозначения		Элементы схем
по ГОСТ 7624-55	отмененные	
		Нормально открытый контакт цепи управления
		То же, закрытый
		Нормально открытый контакт с выдержкой времени при закрывании
		То же, при открывании
		Нормально закрытый контакт с выдержкой времени при открывании
		То же, при закрывании
		Контакты тепловых и максимальных реле с самовозвратом
		То же, с ручным возвратом
		Нагревательный элемент теплового реле
		Нормально открытый контакт кнопки управления
		То же, закрытый
		Нормально открытый контакт конечного выключателя
		То же, закрытый
		Нормально открытый контакт командоконтроллера

Продолжение табл. 28

Обозначения		Элементы схем
по ГОСТ 7624-55	отмененные	
		То же, закрытый
		Активное сопротивление нерегулируемое
		То же, регулируемое
		Рубильник
		Предохранитель
		Выпрямитель
		Лампа сигнальная
		Лампа электронная
		Токосъемник

Условные обозначения

Реле

РМ . . . . . максимальное токовое
РН . . . . . напряжения
РУ . . . . . ускорения
РБ . . . . . блокировочное
РП . . . . . промежуточное
РВ . . . . . времени

Контакторы

Л . . . . . линейный
У . . . . . ускорения
П . . . . . противовключения
Н . . . . . вращения „Назад"
В . . . . . вращения „Вперед"

Другие аппараты

ЭТ . . . . . электромеханический тормоз
КВ . . . . . конечный выключатель
КУ . . . . . контакты управления
К, КК . . . . . контакты контроллеров

V. ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

1. ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ

Мощность, потребная для механизма подъема при установившейся скорости подъема груза:

$$P = \frac{(G + G_0)\,v}{60 \cdot 102\,\eta_м}\ квт,$$

где G — вес поднимаемого груза в *кг*;
G_0 — вес захватного приспособления (крюк, грейфер и т. п.) в *кг*;
v — скорость подъема в *м/мин*;
$\eta_м$ — к. п. д. механизма (0,7—0,75);
102 — коэффициент для перевода *кгм/сек* в *квт*.

В период пуска и до момента, когда скорость подъема стабилизируется, двигатель должен развивать повышенную мощность для преодоления инерции движущихся масс. Если разгон нагруженного механизма требует относительно небольшого превышения номинального пускового момента двигателя, потребная мощность его принимается по расчету для установившейся скорости.

Мощность, потребная для механизма горизонтального перемещения груза:

$$P = \frac{k\,(G + G_1)\,(\mu r + f)\,v_1}{R \cdot 102\,\eta},$$

где G — вес груза в *кг*;
G_1 — собственный вес механизма в *кг*;
r — радиус шейки вала в *см*;
v_1 — скорость передвижения механизма в *м/сек*;
R — радиус колеса в *см*;
k — коэффициент на трение реборд колес о рельсы (1,25—1,35);
μ — коэффициент трения скольжения (для подшипников скольжения 0,07—0,1, для шариковых и роликовых подшипников — 0,005—0,01);
f — коэффициент трения качения (для необработанных колес по рельсам 0,1, для обработанных колес 0,05);
η — к. п. д. механизма (0,7—0,75).

В схемах электроприводов грузоподъемных машин, используемых на строительстве, применяются асинхронные, как правило, крановые двигатели трехфазного переменного тока.

Для шахтных подъемников, бетоно-подъемников и прочих машин с фрикционными лебедками применяются двигатели с короткозамкнутым ротором, с пуском их рубильниками или магнитными пускателями.

Для управления электроприводами башенных кранов, кабель-кранов, мостовых, портальных, стреловых кранов большой грузоподъемности, где требуются плавный пуск, реверсирование и торможение, применяются контроллеры трех типов: барабанные, кулачковые и магнитные. Последние применяются на кранах грузоподъемностью порядка 10 *т* или при двигателях мощностью свыше 30 *квт*.

Магнитный контроллер состоит из панели — магнитной станции (с контакторами, реле, рубильниками и предохранителями) и командоконтроллера для дистанционного управления включением и выключением контакторов. Для управления асинхронными двигателями с контактными кольцами применяются магнитные контроллеры типов Т, ДТ, ТС и ДТС.[1]

На рис. 22 приведена схема управления двигателем при помощи барабанного контроллера КТ-2005 и на рис. 23 — схема управления при помощи магнитного контроллера ТС.

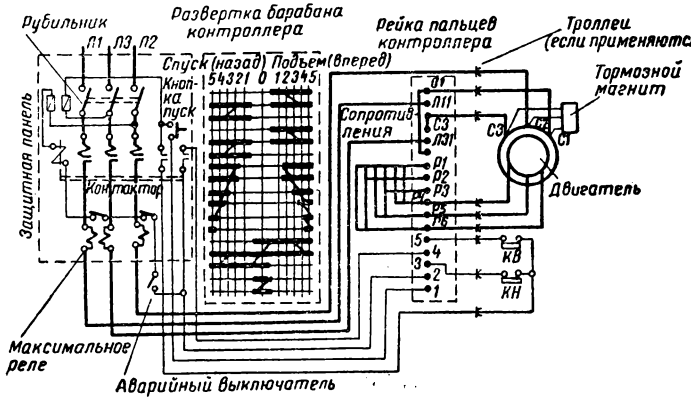


Рис. 22. Схема управления двигателем при помощи барабанного контроллера КТ-2005

В табл. 29 приведены данные двигателей в электроприводах башенных и козловых кранов и кранов-погрузчиков.

2. МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОГО ТРАНСПОРТА

Для ленточных конвейеров (транспортеров) потребная мощность определяется:

$$P = \frac{0{,}736}{10\,000 \cdot \eta_{\text{п}}} (kwLv + 37\,wQL + 37\,QH)\ \text{квт},$$

где P — мощность двигателя в *квт*,

$\eta_{\text{п}}$ — к. п. д. привода;

k — коэффициент, зависящий от ширины и веса ленты и веса вращающихся частей роликовых опор (табл. 30);

w — коэффициент сопротивления опор на роликах или подшипниках (табл. 31);

[1] Одной буквой Т обозначаются контроллеры для управления одним двигателем, буквой Д — контроллеры для одновременного управления двумя двигателями, буквой С — контроллеры для двигателей, работающих с регулированием скорости вращения (при опускании груза).

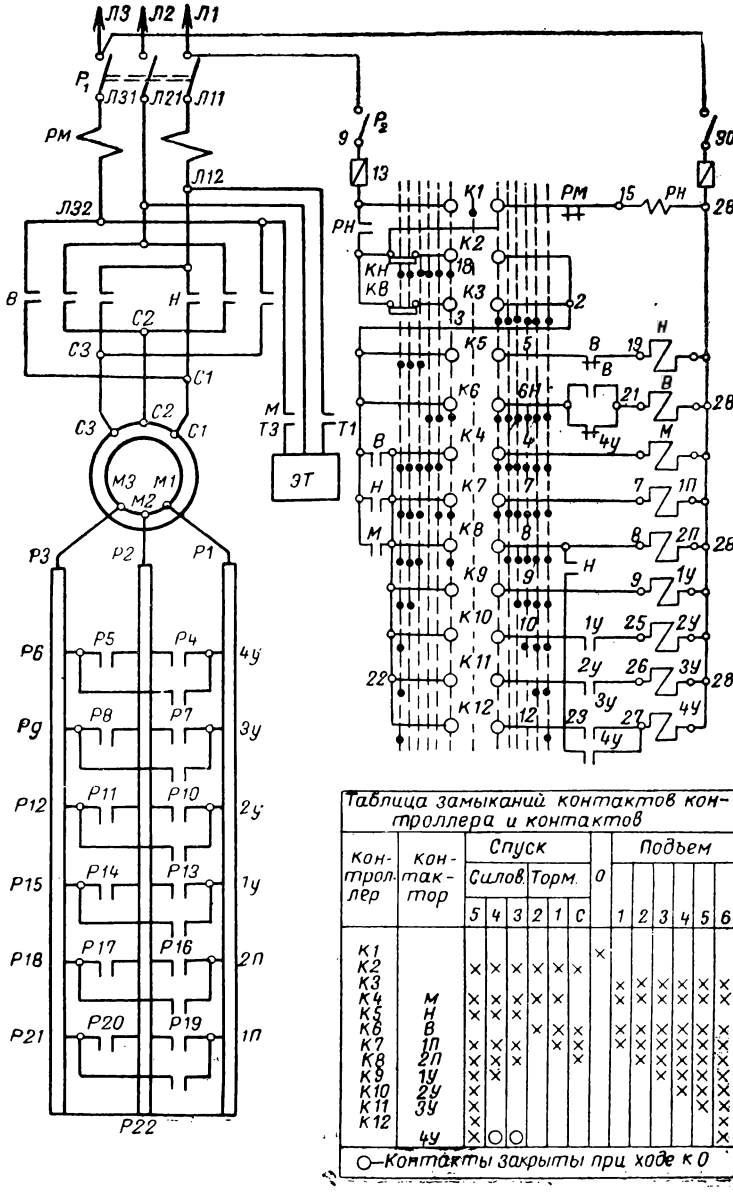


Таблица замыканий контактов контроллера и контактов

Контроллер	Контактор	Спуск						0	Подъем					
		Силов.			Торм.									
		5	4	3	2	1	С		1	2	3	4	5	6
К1								×						
К2		×	×	×	×	×	×							
К3									×	×	×	×	×	×
К4	М	×	×	×	×	×			×	×	×	×	×	×
К5	Н	×	×	×										
К6	В				×		×		×	×	×	×	×	×
К7	1П	×	×	×		×	×		×	×	×	×	×	×
К8	2П	×	×	×			×			×	×	×	×	×
К9	1У	×	×								×	×	×	×
К10	2У	×										×	×	×
К11	3У	×											×	×
К12	4У	×	○	○										×

○—Контакты закрыты при ходе к 0

Рис. 23. Схема управления двигателем при помощи магнитного контроллера ТС

Таблица 29

Электродвигатели в электроприводах строительно-монтажных кранов

Наименование	Тип крана	Грузоподъемность в *т*	Марка и мощность электродвигателей механизмов в *квт*				
			подъема груза	передвижения крана	поворота стрелы	подъема стрелы	передвижения тележки
Башенный кран	БКСМ-5	1—2	МТ-31-6 11	МТ-22-6 7,5	МТ-11-6 2,2	АО-51-6 2,8	—
То же	Т-128 СБК-1/20 БКСМ-3	1,5—3	МТ-42-8 16	МТ-31-6 11	МТ-11-6 2,2	—	—
»	БКСМ-5-5А	5	МТ-52-8 30	МТ-22-6 7,5·2	МТ-12-6 3,5	АОС-51-6 2,8	—
»	БК-2	1—2	МТ-31-6 11	МТ-21-6 5	МТ-11-6 2,2	МТК-12-6 3,5	—
»	БК-5	3—5	МТ-52-8 30	МТ-31-6 11·2	МТ-21-8 5	МТ-21-8 5	—
»	СБК-2	3—5	МТ-52-8 30	МТ-21-6 5·2	МТ-21-6 5	МТ-22-6 7,5	—
»	М-3-5-10	3—5	МТ-52-8 30	МТ-22-6 7,5·2	МТ-12-6 3,5	АО-51-6 2,8	МТ-11-6 2,2
»	М-3-5-5	3—5	МТ-52-8 30	МТ-22-6 7,5·2	МТ-12-6 3,5	АО-51-6 2,8	МТ-11-6 2,2
»	БКСМ-14М	5	МТ-52-8 30	МТ-31-8 7,5·2	МТ-21-6 5	МТ-41-8 11	МТ-11-6 2,2
»	УБК-503	5	МТ-51-8 22	МТ-11-6 2·2,2	МТ-21-6 5	—	МТ-11-6 2,2
»	БК-5-248	5	МТ-52-8 30 и МТК-31-8 7,5	МТ-21-6 5	МТК-31-8 7,5	МТ-12-6 3,5	—
»	С-419	3	МТ-21-8 22	МТ-21-8 5	МТ-11-6 22	МТ-21-6 5	—

Продолжение табл. 29

Наименование	Тип крана	Грузоподъемность в *т*	Марка и мощность электродвигателей механизмов в *квт*				
			подъема груза	передвижения крана	поворота стрелы	подъема стрелы	передвижения тележки
Башенный кран	МСК-3-5	5	МТ-52-8 30 и ПН-10 1	МТ-22-6 7,5	МТ-12-6 3,5	МТК-22,6 7,5	—
То же	БК-1425	75	2·45	41,5	7,5	46	Вспомогательный крюк
Башенный кран несамоходный	БК-300	25	2·22	—	5	22	—
То же	БК-405	40	2·22	—	5	22	—
Козловой двухконсольный кран	С грузовой кареткой	10	МТ-52-8 30	МТ-22-6 7,5·2	—	—	МТ-11-6 2,2
То же	С двумя тельферами ТВ-505	2·2	МТК-22-6 7,5·2	МТ-22-6 7,5·2 (5·2)	—	—	АОФ-41-4 1,7·4
Кран-погрузчик	БКСМ-14П	5	МТ-52-8 30	МТ-22-6 7,5·2	МТ-21-6 5	—	МТ-11-6 2,2
То же	БКСМ-5П	1,5—5	МТ-31-6 11	МТ-22-6 7,5	МТ-11-6 2,2	МТ-31-6 11	—
»	БКСМ-14ПМ	5	МТ-42-8 16	МТ-22-6 7,5·2	МТ-21-6 5	—	МТ-11-6 2,2
»	М-3-5-5П	М-10	МТ-52-8 30	МТ-22-6 7,5·2	МТ-12-6 3,5	МТ-31-6 11	—

L — длина конвейера в *м*;
v — скорость движения ленты в *м/сек*;
Q — производительность в *т/час*;
H — разность уровней конечных точек конвейера (со знаком + при подъеме и со знаком — при спуске) в *м*.

Таблица 30

Значения коэффициента k в зависимости от ширины ленты конвейера

Ширина ленты в *мм*		400	500	600	700	800	1 000	1 200
k	для прорезиненной ленты . . .	3 400	4 300	4 900	5 900	7 000	8 000	11 300
	для стальной ленты	1 800	2 450	2 850	4 050	5 250	—	—

Таблица 31

Значения коэффициента сопротивления w для роликовых опор и подшипников

Вид ленты	Ролики	Подшипники	Коэффициент сопротивления
Прорезиненная	Нормальные	Скольжения	0,07
		Качения	0,055
	Улучшенные	»	0,03
Стальная	Плоские	»	0,03
	Пружинные	»	0,06

Для сбрасывающей тележки к мощности, определенной по формуле (см. выше), прибавляется дополнительная мощность

$$0{,}203\,P + 0{,}0052 + 0{,}36 \ \textit{квт}.$$

Для плужкового сбрасывателя прибавляется $0{,}007Q$ *квт*.

Для конвейеров длиной менее 30 *м* мощность P увеличивается на 20%.

Для ковшовых элеваторов потребная мощность составляет:

$$P = \frac{QH}{367\,\eta_{\text{п}}}\left(1{,}15 + \frac{k}{\gamma}\right) \textit{квт},$$

где H — высота подъема материала в *м*;
k — коэффициент холостого хода (табл. 32);
γ — насыпной вес материала в *т/м*^{3}.
(остальные обозначения см. выше).

Потребная мощность для винтовых конвейеров (шнеков)

$$P = \frac{Q}{367\,\eta_{\text{п}}}\,(Lw + H)\ \text{квт},$$

где L — горизонтальная длина шнека в *м*;
w — коэффициент сопротивления материала передвижению шнеком (табл. 33) (остальные обозначения см. выше).

Для элеваторов с чешуйчатыми ковшами потребная мощность увеличивается на 20%.

Таблица 32

Значения коэффициента k для вертикальных элеваторов

Тип элеватора	Производительность в $м^3/час$			
	до 20	20—40	40—80	80—150
Ленточный	1,5	1,15	0,95	0,75
Цепной	1,05	0,75	0,65	0,55

Таблица 33

Значения коэффициента w для винтовых конвейеров-шнеков

Материал	Коэффициент w	Материал	Коэффициент w
Цемент:		Песок:	
шлаковый	4	крупный	6
портландский	5	мелкий влажный	8
пуццолановый	6	„ сухой	6
Известь:		Угольная пыль	2
гашеная в кусках	8	Угольный шлак	2,8
в порошке	2	Опилки древесные	0,25

3. ЭКСКАВАТОРЫ

Таблица 34

Электродвигатели строительных экскаваторов с однодвигательным электроприводом

Показатели	Марка экскаваторов					
	Э-504	Э-301	Э-751 и Э-753	Э-1003А	Э-1251	Э-2001
Емкость ковша в $м^3$	0,5	0,5	0,75	1	1,25	2
Марка электродвигателя	МА-205-2,6	АМ	АМ-6-119,8	МА-146-2,4	МА-146-2,4	АМТ-128-6
Мощность в *квт*	48	50—60	60	85	85	140
Скорость вращения в об/мин	975	750	725	1 480	1 480	1 000

Таблица 35

Двигатели и генераторы в электроприводах карьерных и вскрышных одноковшовых экскаваторов на гусеничном ходу с многодвигательными электроприводами постоянного тока

Наименование показателей	Единица измерения	Марка экскаваторов (цифра обозначает емкость ковша в $м^3$)								
		ЭКГ-4, СЭ-3				ЭКГ-6, ЭКГ-8 и ЭВГ-4				
		Главные (сетевые) двигатели								
Тип двигателей	—	Трехфазный асинхронный с короткозамкнутым ротором				Трехфазный синхронный				
Марка	—	ДАМЭ-138/4				МСЭ-321-6/6				
Напряжение	*в*	6 000 или 3 000				6 000 или 3 000				
Мощность	*квт*	250				520				
Скорость вращения	об/мин	1 480				1 000				
		Генератор-двигатели постоянного тока рабочих механизмов								
		подъема ковша	поворота	напора и передвижения	открывания днища ковша	подъема ковша	поворота	напора	передвижения	открывания днища ковша
Марки генераторов	—	ПЭ-2000	ПЭ-1000	ПЭ-400	—	МПЭ-12-32/5	МПЭ-14-12/4	ПЭ-2000	—	—
Мощность	*квт*	192	80	40	—	450	225	115	—	—
Скорость вращения	об/мин	1 480	1 480	1 480	—	1 000	1 000	1 000	—	—
Марки двигателей	—	ДП-82	КПВН-5ш	КПНД-5ш	КПДМ-24	МП-82а	МПВ-72	МПВ-72	МП-82	КПДМ-2ш
Мощность	*квт*	175	50	2×54	4,1	190	100	100	175	5,1
Скорость вращения	об/мин	740	910	1 100	1 450	740	730	730	740	1 450
Число двигателей	—	1	2	2	1	2	2	1	1	1

Примечания. 1. Экскаватор ЭКГ-4—модернизированный тип экскаватора СЭ-3.
2. Электрооборудование экскаватора ЭВГ-6 с ковшом емкостью 6 $м^3$ отличается от ЭКГ-6, указанного в таблице мощностью и числом ходовых двигателей: вместо одного двигателя МП-82 мощностью 175 *квт* установлены четыре двигателя МТ-62-10 мощностью по 45 *квт*.

Таблица 36

Мощности главного (сетевого) двигателя и двигателей в электроприводах основных рабочих механизмов шагающих экскаваторов

Наименование двигателей	Марка экскаваторов*			
	ЭШ-6/60	ЭШ-14/75**	ЭШ-20/65	ЭШ-25/100 (опытный) образец
Главный (сетевой) двигатель синхронный 6 000 *в* в *ква*	950	2 100	2 100	2 100×2
Подъемной лебедки в *квт*	540	540×2	540×2	540×2
Механизма поворота „ „	100×2	250×2	250×2	340×4
Тяговой лебедки „ „	540	540×2	540×2	540×2
Механизма шагания „ „	158×2	260×2	260×2	260×4

* Цифра в числителе обозначает емкость ковша в $м^3$, цифра в знаменателе — длину стрелы в *м*.

** Показанная на рис. 24 принципиальная электрическая схема экскаватора ЭШ-14/75 в основном аналогична схемам шагающих экскаваторов других марок.

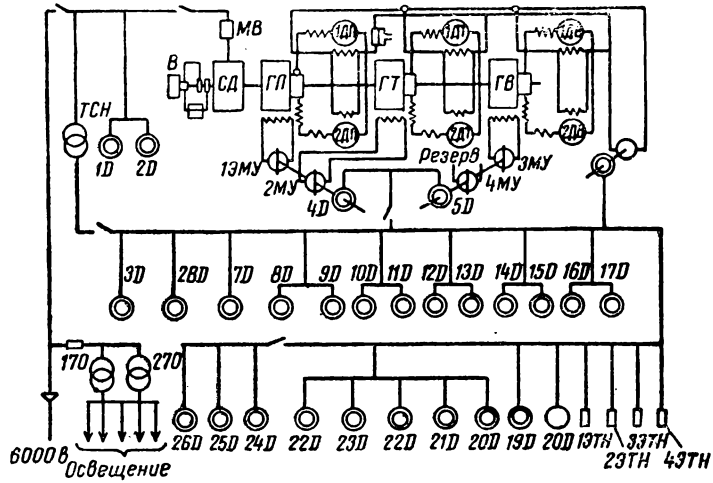


Рис. 24. Однолинейная электрическая схема шагающего экскаватора ЭШ-14/75

СД — главный синхронный двигатель; *ГП* — генератор постоянного тока для питания двигателей лебедки подъема; *ГТ* — то же, двигателей лебедок тяги; *ГВ* — то же, двигателей механизма поворота; *В* — возбудитель; *1 ЭМУ*— — *4ЭМУ* — электромашинные усилительные агрегаты; *1Д* и *2Д* — двигатели насосов механизма шагания; *ТСН* — трансформатор собственных нужд; *3Д* — двигатель компрессора; *7Д—9Д* — двигатели насосов смазки; *10Д—13Д* — двигатели вентиляторов лебедок подъема и тяги; *14Д* и *15Д* — двигатели вентиляторов поворотных механизмов; *26Д* — двигатель заправочного насоса; *24Д* и *25Д* — двигатели насосов маслооткачки; *16Д* и *17Д* — двигатели насосов смазки поворотных редукторов; *28Д* — двигатель лебедки подъема стрелы; *19Д* — двигатель вспомогательной лебедки; *20Д—22Д* — двигатели монтажного мостового крана; *23Д* и *27Д* — двигатели крана укосины; *1ЭТН—4ЭТН* — электронагреватели масляных баков; *1ТО* и *2ТО* — трансформаторы сети освещения

Таблица 37

Двигатели механизмов многоковшовых экскаваторов поперечного черпания на железнодорожном ходу ЭМ-201 и ЭМ-302

Электроприводы	Марка и мощность двигателей в *квт*	
	ЭМ-201	ЭМ-302
Ковшовых цепей	ОАП-72-6 14	МА-145-2/6 34
Механизма передвижения	АО-42-6 1,7	МА-142-1/6 3,8
Подъема ковшовой рамы	ОА-51-6 2,8	МА-142-1/6 3,8
Затвора бункера	ОА-42-6 1,7	АОП-4-1/4 1,7
Подъема транспортера	—	МА-142-1/6 3,8
Транспортера	—	МА-142-2/6 5,5
»	—	

Примечание. Емкость ковша экскаватора ЭМ-201 20 *л*, ЭМ-302 30 *л*.

4. ЗЕМЛЕСОСНЫЕ СНАРЯДЫ

Таблица 38

Основное электрооборудование землесосных снарядов

Показатели	Марка землесосных снарядов					
	8НЗ	12НЗ	ЗГМ-1	300-40	500-60	1 000-80
Общая установленная мощность в *квт*	167	580	430	1 227	2 970	5 130
Марка главного двигателя	АМО-125-8	ФАСО-12-10	АМСО-158-8	СМ-1150/50	СМ-300/50	ДАП-260/99-20
Мощность двигателя в *квт*	110—130	480	300—380	864	2 437	4 400
Напряжение в *в*	380	6 000	6 000	6 000	6 000	6 000
Скорость вращения в об/мин	750	600	600	500	500	300
Мощность трансформатора, установленного на снаряде, в *ква*	100	100	100	320	560	560

5. МАШИНЫ ДЛЯ БЕТОНА, РАСТВОРА И ИЗВЕСТИ

Таблица 39

Мощности двигателей машин для бетона, раствора и извести

Наименование	Мощность двигателя в *квт*
Бетономешалки передвижные емкостью в *л*:	
100	1—1,5
250	3,8—5
Бетономешалки стационарные емкостью в *л*:	
425	5,8—7,9
1 200	17
2 400	25
Растворомешалки производительностью в *м³/час*:	
1,5	1,8
3	3,2
5	4,5
10	14,7

Продолжение табл. 39

Наименование	Мощность двигателя в *квт*
Растворонасосы производительностью 6 *м³/час* при наибольшем давлении 15 *атм*, дальность подачи: по горизонтали 200 *м*, по вертикали 40 *м*	6
То же, производительностью 3 *м³/час*	3,5
Известегасилка ЮЗ-2 производительностью 1—3 *т/час* (по кипелке)	6
Известегасилка фрезерная (ФИС) производительностью 4—5 *т/час*	7,8
Бетононасосы производительностью в *м³/час*:	
5	11,4+2,7*
10	14+2,8*
20	27,5+4,2*
40	38+4,2*

Примечание. Вибраторы см. табл. 47.

* Первая цифра — главный привод, вторая — привод смесителя.

6. МАШИНЫ ДЛЯ ДРОБЛЕНИЯ И СОРТИРОВКИ

Таблица 40

Мощности двигателей для дробилок и грохотов

Наименование	Тип дробилки или диаметр дробящего конуса	Производительность в *м³/час*	Мощность двигателя
Щековые дробилки (со сложным качением)	С-182Б	5—14 / 30—80 *	20
	СМ-11А	8,5—22 / 50—100 *	28
	СМ-16А	50—130 / 100—200 *	80
	Уралмашзавода	160—220 / 200—250 *	175
Конусные дробилки Уралмашзавода	900 *мм*	20—70	40—55
	1 200 „	20—160	70—80
	1 650 „	60—360	135—150
	2 100 „	100—750	200—245
Валковые дробилки для твердых пород	—	До 27	28
	—	„ 65	50—75
Молотковые дробилки	—	6—10	25—45
	—	34—54	75—120
	—	150—200	150—200
Барабанные грохоты (гравиесортировки)	—	9—11	2,7
	—	37—45	7,3
Горизонтальные инерционные грохоты	—	30—40	5,2

* В числителе указана производительность при дроблении пород средней твердости при ширине выходной щели в *мм*, приведенной в знаменателе.

7. МЕХАНИЗМЫ ДЛЯ ДЕРЕВООБРАБОТКИ

Таблица 41

Мощности двигателей в электроприводах механизмов для деревообработки

Наименование механизмов	Мощность двигателя в *квт*	Скорость вращения (синхронная) в об/мин
Лесопильные рамы:		
одноэтажные ДРМ-500, ЛР-2, просвет 480 *мм*	14	750—1 000
„ РА-ВРЗ-IV, просвет 650 *мм*	20	750—1 000
„ Р-65-1, Р-65-2, ЛРМ-65,ЛР-64, просвет 650 *мм*	28	750—1 000
полутораэтажная	28	750—1 000
двухэтажные Б-750, просвет 750 *мм*	55	750—1 000
„ РД-75-1, РД-75-2, просвет 750 *мм*	70	750—1 000
Обрезной станок (двухпильный) ЦД-3	40	750—1 000
Круглопильный станок ЦА	10	750—1 000
Ребровый станок ЦР-2	20	
Балансирный станок ЦБ-3	10	
Торцовочный станок ЦКБ-3	7	
Электропила ЦЭ-3, ЦП-2	2,8	
Бревнотаска береговая 8-22-2	15—25	750—1 000

8. ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Для привода электроинструментов применяются электродвигатели:

асинхронные трехфазные для тока промышленной частоты 50 *гц* на напряжения 127/220 и 36 *в*;

универсальные коллекторные для однофазного переменного тока напряжением 127/220 *в* с возможностью пользоваться постоянным током;

асинхронные трехфазные для тока повышенной частоты 200 *гц*, как правило, на напряжение 36 *в*.

Для получения частоты 200 *гц* применяются преобразователи частоты, присоединяемые к обычной электрической сети.

Электроинструменты, работающие под напряжением 36 *в* при 50 *гц*, получают питание через понижающие трансформаторы.

Таблица 42

Преобразователи частоты тока (первичная частота 50 *гц*, вторичная 200 *гц*) для питания двигателей электроинструментов

Марка	Номинальная отдаваемая мощность в *квт*	Напряжение в *в*		Габаритные размеры в *мм*	Вес в *кг*
		первичное	вторичное		
И-75А	4,5	380/220	36	600×300×400	66,3
И-75Б	4	380/220	36	600×300×400	62
И-88	1,5	380/220	36	550×300×330	40

Таблица 43

Трехфазные понижающие трансформаторы для питания двигателей электроинструментов

Марка	Номинальная мощность в *ква*	Напряжение в *в*		Габаритные размеры в *мм*	Вес в *кг*
		первичное	вторичное		
М-80А	0,5	380/220	36	485×292×265	25
С-486	0,8	380/220	36	485×292×265	30
И-100	1	380/220	36	485×320×292	32
И-140	1	380/220	220/127	485×320×292	33
И-81	1,5	380/220	36	485×380×292	39

Таблица 44

Электроинструменты для обработки металла

Наименование и марка	Применение	Тип двигателя	Напряжение в *в*	Мощность в *квт*	Вес инструмента (без кабеля) в *кг*
Электросверла:	Для отверстий диаметром в *мм*:	Коллекторный универсальный			
С-469	6	однофазный 50 *гц*	220	0,12	1,26
И-90	8	То же, 50 „	220	0,2	2
И-437	9	„ 50 „	220	0,12	1,4
И-38Б	15	„ 50 „	220	0,4	3,25
И-28А	20	„ 50 „	220	0,6	6,2
И-29А	23	Асинхронный трехфазный 50 *гц*	220	0,6	11
И-74А	5	То же, 200 „	36	0,2	1,7
С-363	8	„ 200 „	36	0,2	1,7
С-581	15	„ 200 „	36	0,2	1,7
И-59	20	„ 200 „	36	0,8	7
Электрошуруповерт И-160 . . .	Для винтов, болтов и шурупов диаметром до 6 *мм*	„ 200 „	36	0,2	2,3
Электроножницы С-424	Для резания стали толщиной до 2,7 *мм*	Коллекторный универсальный однофазный 50 *гц*	220	0,4	4,8

Таблица 45

Электроинструменты для деревообработки

Наименование и марка	Применение	Тип двигателя	Напряжение в *в*	Мощность в *квт*	Вес инструмента в *кг*
Электросверла:					
И-27	Для отверстий диаметром до 26 *мм*, глубиной до 1 000 *мм*		220	0,76	11
С-455	Диаметром до 32 *мм*		220	0,6	9,8
Электрофреза И-56	Прорезерование до 50 *мм*	Асинхронный трехфазный, 50 *гц*	220	0,51	11,35
Электрорубанки:					
И-25	Ширина строгания до 60 *мм*, глубина 1,5 *мм*		200	0,28	8,37
И-24А	Ширина строгания до 100 *мм*, глубина до 2 *мм*		200	0,4	14

Продолжение табл. 45

Наименование и марка	Применение	Тип двигателя	Напряжение в *в*	Мощность в *квт*	Вес инструмента в *кг*
Электролобзик И-93	Толщина материала до 15 *мм*	Коллекторный универсальный однофазный, 50 *гц*	220	0,2	2,81
Электродолбежник И-1	Максимальный размер паза и глубина долбления 20×55×150 *мм*	Асинхронный трехфазный, 50 *гц*	220	0,8	16,5
Дисковые электропилы:	Диаметр диска в *мм*:				
И-78	180	То же	220	0,6	11
И-20	250		127/220	0,8	14
Электрошлифовалка дисковая С-438А (опытная)	Диаметр диска 130 *мм*	Коллекторный универсальный однофазный, 50 *гц*	220	0,12	1,5
Цепная двуручная электропила ЦНИИМЭ	Для бревен и пакетов древесины диаметром до 500 *мм*	Трехфазный, 200 *гц*	220	1,5	10

Таблица 46

Разные электроинструменты

Наименование и марка	Применение	Краткая характеристика	Вес в *кг*
Электромолоток И-158	Ломка бетона и кирпичной кладки; рыхление грунтов	Число ударов 1 100 в 1 мин. двигатель трехфазный 220 *в*, 50 *гц*, 1 *квт*	17,5
Электрошлифовальная машина с гибким валом И-54А	Шлифовка и полировка металла, древесины, бетона, камня; зачистка сварных швов	Двигатель трехфазный 220 *в*, 50 *гц*, 1 *квт*, 2 800 об/мин. Абразивная сменная прямая головка диаметром 175—200 *мм*; угловая головка диаметром 125 *мм*	24,4
Электроустановка передвижная И-113	Для питания вибраторных пакетов, работающих с частотой 200 *гц*	Двигатель трехфазный 14 *квт*, 220/380 *в*, 50 *гц*, 1 450 об/мин. Генератор ГС-7,14 *квт*, 240 *в*, 200 *гц*	415

Кроме электроинструментов, указанных в табл. 44—46, применяются также для монтажных работ: электрогайковерты для резьбы диаметром от 6 до 25 *мм* с двигателями мощностью от 0,2 до 1,2 *квт*, весом от 22 до 16 *кг*; электрошпильковерты И-63 для резьбы диаметром до 12 *мм* с двигателем мощностью 0,63 *квт*, весом 7,3 *кг*; электромолотки и др.

Для бурения шпуров диаметром до 40 *мм* применяются электросверла с двигателями мощностью от 1,2 до 1,7 *квт*, весом от 12 до 22 *кг*.

9. ЭЛЕКТРОВИБРАЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА

Для уплотнения бетона, грунта, а также в качестве побудителей для лучшего прохождения сыпучих материалов через отверстия бункеров, течек и т. п. применяются различные электро-

вибрационные устройства. Они подразделяются на электромагнитные и электромеханические, дебалансы которых приводятся во вращение электродвигателями.

По принципу передачи колебаний бетонной или иной массе электровибраторы подразделяются на **поверхностные, внутренние и наружные.**

Наружные вибраторы применяются при бетонировании тонких стен, перегородок, каркасных и ажурных конструкций. Вибратор И-87 (табл. 47) имеет тиски для его крепления к опалубке конструкций.

Для формования железобетонных изделий применяются различные по конструкции и мощности вибрационные площадки грузоподъемностью от 1 до 10 *т* и более с двигателями мощностью до 30 *квт*.

Таблица 47

Вибраторы

Наименование и марка	Количество вибраций в мин.	Кинетический момент в *кгсм*	Частота тока в *гц*	Напряжение в *в*	Мощность в *квт*	Вес (без кабеля) в *кг*
Вибробулава внутренняя И-50	5 700	1,12	200	36	0,5	20
Вибраторы глубинные С-376 с наконечниками диаметром в *мм*:						
54	8 600	—	150	36	0,2	6,6
70	8 600	—	150	36	0,3	8,5
Вибраторы с гибким валом И-116 с наконечниками диаметром в *мм*:						
76	10 000	0,356	50	36	1	32,5
51	14 000	0,007	50	36	1	28,15
Вибробулава тяжелого типа И-86	6 000	2,2	200	36	1,5	31,7
Вибратор тисковый И-87	2 800	2,77	50	36	0,45	30,5
Вибраторы поверхностные:						
С-413	2 800	4,5	50	36	0,4	41
Е-414	2 800	6,5	50	36	0,8	43,5
Вибратор с выдвижными дебалансами С-433	2 800	От 2,3 до 6,85	50	36	0,8	25
Вибраторы маятниковые:						
С-483	2 800	„ 5 „ 11,8	50	380/220	0,6	42
С-484	2 800	„ 8 „ 18,3	50	380/220	1	97
С-485	2 800	„ 11,45„ 28,6	50	380/220	0,7	100
Вибраторы электромагнитные:						
И-85	3 000	—	50	380/220	0,9	41,5
И-378	3 000	—	50	380/220	0,475	58
Вибратор для бункеров С-357	2 800	4,5	50	380/220	0,4	20,4

VI. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Основой правильной эксплуатации двигателей в электроприводах являются систематический контроль их нагрузки, температуры нагрева двигателей и подшипников, регулярные замеры сопротивления изоляции и соблюдение сроков планово-предупредительных ремонтов.

Двигатели мощностью от 40 *квт* и выше должны иметь для контроля нагрузки амперметр, на шкале которого красной чертой отмечается наибольший допустимый ток двигателя. Нагрузка двигателей мощностью менее 40 *квт* контролируется периодически при помощи переносных измерительных приборов.

Температура нагрева отдельных частей двигателя контролируется с помощью ртутных термометров. При невозможности по той или иной причине измерения температуры термометром степень нагрева обмоток определяется методом сопротивления — по возрастанию сопротивления обмотки постоянному току относительно значения этого сопротивления, измеренного при холодном состоянии машины. Сопротивление обмоток (постоянному току) для этой цели определяется обычно при ремонте двигателя (см. раздел девятый, гл. 1,8).

Сопротивление изоляции обмоток двигателя при его эксплуатации должно соответствовать тому сопротивлению, которое было у нового двигателя или у только что вышедшего из ремонта. Двигатель с пониженным сопротивлением изоляции обмоток должен направляться в ремонт.

Величина сопротивления изоляции обмоток электротехническими правилами не нормирована; практически рекомендуется, чтобы она была не ниже 1 *мгом* на 1 000 *в* рабочего напряжения, но не менее 0,5 *мгом* (отдельно для обмоток статора и ротора). Измерение сопротивления изоляции обмоток производится мегомметром на 1 000—2 500 *в*.

В случае если замеры сопротивления изоляции показали недопустимую ее увлажненность, двигатель должен быть перед вводом в эксплуатацию просушен способами, применяемыми, после ремонта двигателей (см. раздел девятый).

После капитального ремонта двигатели должны подвергаться следующим испытаниям:

а) измерение сопротивления изоляции обмотки мегомметром;

б) измерение сопротивления обмоток постоянному току (для электродвигателей напряжением выше 1 000 *в* или мощностью 40 *квт* и выше). Величина сопротивления обмотки постоянному току не должна отличаться от результатов предыдущих измерений или заводских данных более чем на 2%;

в) испытание электрической прочности изоляции обмоток (для электродвигателей напряжением выше 1 000 *в* или мощностью 40 *квт* и выше) в течение 1 мин. повышенным напряжением переменного тока следующего значения:

1 000 *в*	для двигателей до	380 *в*
5 000 *в*	„ „ „	3 000 „
10 000 *в*	„ „ „	6 000 „

г) измерение вибрации;

д) опыт холостого хода (проверка качества механической наладки электродвигателя);

е) проверка воздушного зазора между статором и ротором (нормы даны в разделе девятом);

ж) проверка двигателей на нагрев (производится при работе с полной нагрузкой).

Ежегодные профилактические испытания электродвигателей производятся в объеме, указанном выше, за исключением пп. «б», «г» и «ж».

Испытание электрической прочности изоляции обмоток двигателей до 380 *в* может производиться мегомметром на 1 000 *в*.

Для защиты двигателей напряжением до 1 000 *в* и мощностью до 100 *квт* могут применяться: а) установочные автоматы А-3100; б) магнитные пускатели для защиты от перегрузок и плавкие предохранители для защиты от токов короткого замыкания; в) максимальные автоматы АП-25 и А-2000 для защиты двигателей с фазным ротором.

Номинальный ток плавких вставок предохранителей принимается равным примерно 0,4 пускового тока двигателя; при этом необходим правильный выбор плавких вставок с применением только калиброванных вставок или вставок заводского изготовления.

Двигатели напряжением выше 1 000 *в*, а также мощностью 150—200 *квт* и выше, как правило, защищаются от токов короткого замыкания и перегрузок при помощи токовых и других реле в соответствии с проектом электропривода.

2. ОСМОТРЫ И ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫЙ РЕМОНТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Периодичность осмотров электродвигателей и их пускорегулирующей аппаратуры устанавливается главным энергетиком (главным механиком) строительства или предприятия в зависимости от условий эксплуатации от 6 до 24 раз в год.

Таблица 48

Периодичность ремонтов электрооборудования

Наименование оборудования	Периодичность ремонтов в месяцах		
	текущий	средний	капитальный
Двигатели, работающие в одну смену	Устанавливается главным энергетиком (главным механиком) в зависимости от результатов осмотров и проверок		60
То же, в две смены			36
Электрическая часть грузоподъемных машин	1	6	12
Панели управления, силовые сборки, щиты управления	6	12	48

Таблица 49

Номенклатура ремонтных работ электрооборудования

Вид ремонта	Электродвигатели переменного и постоянного тока	Электрическая часть грузоподъемных машин	Пускорегулирующая аппаратура	Силовые сборки, панели, щиты управления
Текущий	Наружный осмотр, протирка и очистка электродвигателя от пыли, масла, грязи	Чистка и замена контактов контроллеров	Наружный осмотр, промывка и очистка деталей	Зачистка контактов и проверка крепления сборок, панелей, щитов управления
	Проверка щитков, радиального и максимального зазоров, вращения смазочных колец, крепления двигателя, наличия масла в подшипниках	Проверка действия конечных выключателей и тормозов	Зачистка подгоревших контактов	Проверка присоединений проводов и кабелей, надежности пропайки наконечников, исправности приборов и предохранителей, наличия изоляционных втулок и вводных концов, наличия междуфазных перегородок, правильности надписей наименования групп
	Зачистка колец и коллектора машин постоянного тока	Проверка исправности блокирующих устройств	Регулировка нажатия контактов	
	Регулировка траверс, щеточных механизмов, замена щеток	Чистка, продувка и протирка всей электроаппаратуры	Проверка контактов в присоединениях, работы магнитопровода, плотности прилегания контактов, уставок реле, термоэлементов	
	Восстановление изоляции у перемычек и выводных концов	Проверка взаимодействия отдельных механизмов	Регулировка пружин и работы механической части	Ремонт кожухов, панелей и щитов
	Проверка исправности заземления, натяжения ремня, правильности подбора плавких вставок	Проверка изоляции всей электропроводки	Проверка исправности заземления	Проверка исправности заземления
	Измерение сопротивления изоляции обмоток мегомметром	Чистка и продувка всех механизмов	Замена отдельных секций реостатов	Проверка сопротивления изоляции коммутационных проводов мегомметром
Средний	Выполняются все операции текущего ремонта и, кроме того:	Выполняются все операции текущего ремонта и, кроме того:	Выполняются все операции текущего ремонта и, кроме того:	Выполняются все операции текущего ремонта и, кроме того:
	полная разборка двигателя с устранением повреждений изоляции (без ее замены), промывка механических частей двигателя	ремонт контроллеров, контакторов и сопротивлений	полная замена износившихся частей аппаратов	частичная или полная замена неисправных изоляторов
	мойка, пропитка, сушка обмоток, покрытие их лаком	регулировка тормозов	проверка и регулировка реле тепловой защиты	замена неисправных приборов
	проверка исправности и крепления вентилятора	проверка и замена износившихся отдельных токоприемников и троллейных проводов	ремонт кожухов и окраска	ремонт кожухов, щитов, панелей и сборок
			опробование аппаратуры	

Продолжение табл. 49

Вид ремонта	Электродвигатели переменного и постоянного тока	Электрическая часть грузоподъемных машин	Пускорегулирующая аппаратура	Силовые сборки, панели, щиты управления
Средний	проточка шеек вала ротора (при необходимости) проверка и выверка зазоров промывка подшипников и заливка вкладышей (при необходимости) частичная пропайка „петушков" регулировка щеточного механизма, замена контактных колец сборка двигателя испытания при холостом и рабочем ходе	замена отдельных участков электропроводки ремонт кожухов и окраска		Восстановление уплотнений возобновление всех надписей
Капитальный	Полная или частичная замена обмоток или их ремонт Замена вала ротора Переборка контактов колец или коллектора Балансировка ротора Замена вентилятора Замена фланцев Полная пропайка „петушков" Чистка, сборка и окраска двигателя Сушка обмоток статора и ротора[1] Испытание под нагрузкой	Смена и ремонт износившихся частей и деталей Переборка сопротивлений и контроллеров Замена троллейных проводов и токоприемников Замена электропроводки Восстановление всех надписей Сдача машины инспекции Госгортехнадзора	Не производится	Полная замена коммутации щита Замена сборок и панелей со сменой более 30% приборов

[1] Технологию сушки см. ниже в разделе девятом.

3. СМАЗКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ МОЩНОСТЬЮ ДО 100 *квт*

Смазка для двигателей выбирается в зависимости от типа подшипников, мощности и скорости вращения двигателя и температуры окружающей среды, в которой работает машина.

Таблица 50

Расход смазки для электродвигателей

Мощность двигателя в *квт*	Масляная смазка		Консистентная смазка	
	емкость ванны на оба подшипника в *кг*	расход масла за 8 час. работы в *г*	емкость двух подшипников в *кг*	расход смазки на пополнение (кроме смены) в *кг/год*
0,5—3	0,15—0,2	1—3	0,1 —0,15	25 % от емкости подшипников
3—6	0,2 —0,25	3,5—5,5	0,15—0,2	
6—7	0,25—0,3	5,5—6	0,15—0,2	
7—10	0,3 —0,35	7	0,2 —0,25	
10—15	0,35—0,4	8	0,2 —0,25	
15—20	0,4 —0,5	8,5	0,25—0,3	
20—30	0,5 —0,6	9	0,3 —0,35	
30—40	0,7 —0,9	10	0,35—0,4	
40—50	0,9 —1	11	0,4 —0,5	
50—75	1,2 —1,5	15	0,5 —0,7	
75—100	1,5 —2	20	0,7 —0,8	

Смена смазки в подшипниках качения производится два раза в год, в подшипниках скольжения — шесть раз в год.

Для подшипников качения применяются консистентные смазки: консталин, смазка марки УТВ (1-13) (допускает рабочую температуру до 115°), оссоголин марок II и III (последний для крановых двигателей); при малых и средних нагрузках и температуре нагрева не выше 60° допускается применение солидола (М или УС-С2).

Для подшипников скольжения применяются масла: при скорости вращения 1 000 об/мин и более — веретенное 3; при скорости менее 1 000 об/мин — машинное Л.

Указанные масла при их отсутствии могут быть заменены:

веретенное 3 1) смесью машинного Л или С с веретенным 2,
2) смесью машинного Л и солярового;

машинное Л 1) смесью машинного С с веретенным 2 или 3,
2) машинным С.

4. ПОДШИПНИКИ ДЛЯ ОСНОВНЫХ ТИПОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Таблица 51

Запасные подшипники качения для асинхронных двигателей и машин постоянного тока

Тип и марка машины	№ подшипников	
	со стороны привода	со стороны, противоположной приводу
Асинхронные двигатели		
А, АО, АЛ и АОЛ-31 и 32	304	304
А, АО, АЛ и АОЛ-41 и 42	306	306
А, АО, АЛ и АОЛ-51 и 52	308	308
А и АО-61, 62 и 63, 3 000 об/мин . .	308	308
То же, 1 500 об/мин и менее	310	310

Продолжение табл. 51

Тип и марка машины	№ подшипников	
	со стороны привода	со стороны, противоположной приводу
А и АО-71 72 и 73, 3 000 об/мин	310	310
То же, 1 500 об/мин и менее	312	2 312
А и АО-81, 82 и 83, 3 000 об/мин	312	312
То же, 1 500 об/мин	314	2 314
АО и А-91, 92, 93 и 94, 3 000 об/мин	314	314
То же, 1 500 об/мин	317	2 317
Машины постоянного тока		
ПН-2,5	302	302
ПН-5	303	303
ПН-10	305	305
ПН-17,5	306	306
ПН-28,5 и ПН-45	308	308
ПН-68 и ПН-85	309	309
ПН-100 и ПН-145	2 311	309
ПН-205 и ПН-290	2 313	311
ПН-400 и ПН-550	2 317	314

Примечание. 302—317 — шариковые подшипники; 2311—2317 — роликовые подшипники.

Таблица 52

Запасные подшипники качения для крановых двигателей МТ и МТК

Марка двигателя	ГОСТ	№ подшипника	Диаметр подшипника в *мм*	
			наружный	внутренний
МТ-11-6, МТК-11-6 МТ-12-6, МТК-12-6	6121-30	309	100	45
МТ-21-6, МТК-21-6 МТ-22-6, МТК-22-6	6121-39	310	110	50
МТ-31-6, МТК-31-6 МТ-31-8, МТК-31-8	6121-39	312	130	60
МТ-41-8 МТК-41-8 МТ-42-8 МТК-42-8	6121-39	315	160	75
МТ-51-8 МТК-51-8 МТ-52-8 МТК-52-8	294-41	42616	170	80
МТ-61-10 МТ-62-10	294-41	42620	215	100

РАЗДЕЛ СЕДЬМОЙ

ЭЛЕКТРОПРОГРЕВ НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ

I. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ, ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И ИНВЕНТАРЬ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРОГРЕВА

1. ТРАНСФОРМАТОРЫ

Для электропрогрева применяются трансформаторы, понижающие напряжение сети 220 или 380 *в* на напряжение 50—106 *в*. Специальные трансформаторы для электропрогрева имеют несколько ступеней напряжения. При применении сварочных дуговых трансформаторов напряжение электропрогрева регулируется путем включения группы из трех трансформаторов в треугольник или звезду.

Трансформаторы ТБ-20, наиболее распространенные в практике электропрогрева, применяются также в виде группы из трех единиц. Вторичные обмотки трансформаторов при параллельном включении их дают напряжение 51 *в*, при последовательном — 102 *в*. При соединении трех трансформаторов в треугольник в зависимости от включения вторичных обмоток можно получить напряжения 51 и 102 *в*, при включении на звезду — соответственно 88 и 176 *в*.

Трансформаторы ТБ-35 при использовании средней точки позволяют получить, помимо заводских напряжений 51 и 102 *в*, также 88 и 176 *в*.

Трансформаторы ТМ-75/6 и ТМТ-50 допускают длительную перегрузку на 20%, а при температуре наружного воздуха —40° — до 40%.

Сварочные трансформаторы СТ и СТЭ для целей электропрогрева допускается нагружать не более чем на 80% их номинальной мощности. Повышение мощности сварочных трансформаторов достигается помещением их в бак, наполненный маслом.

2. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И СЕТИ

Распределительное устройство состоит из главного и распределительного щитов. На главном щите, монтируемом в металлическом шкафу на общей раме с трансформатором, размещены рубильник, предохранители, приборы для учета и контроля, переключатель обмоток низкой стороны трансформатора.

Распределительный щит представляет собой сборку из двух систем шин с предохранителями и переключателями по числу отходящих фидеров. По схеме рис. 1 (нижняя часть) выполняется распределительный щит для любых трансформаторных групп.

При трансформаторах типов ТМ или ТМТ обе системы шин питаются от одного трансформатора, а при трансформаторах типа ТБ-20 или сварочных каждая система шин питается от отдельной группы трансформаторов. В этом случае прогреваемый участок может получить лю-

Таблица 1

Технические данные трансформаторов для электропрогрева

Тип	Номинальная мощность в *ква*	Число фаз	Охлаждение	Первичное напряжение в *в*	Вторичное напряжение в *в*	Габариты в *мм*	Вес в *кг*	
							общий	масла
ТБ-20	20	1	Масляное	220	51/102	600×700×398	185	80
ТБ-35	35	3	Воздушное	220/380	51/102	1 020×800×600	275	—
ТМ-75/6	50	3	Масляное	220/380	50,5; 61,5; 87,5; 106,5	1 050×1 250×740	650	210
ТМТ-50	50	3	„	220/380	50,5; 61,5; 87,5; 106,5	1 060×1 000×836	600	190
СТ-23	19,5	1	Воздушное	220 или 380	65	600×500×300	140	—
СТЭ-32	29	1	Воздушное	220 или 380	65	685×560×365	188	—
СТЭ-34	33	1	„	220 или 380	65	685×560×365	200	—

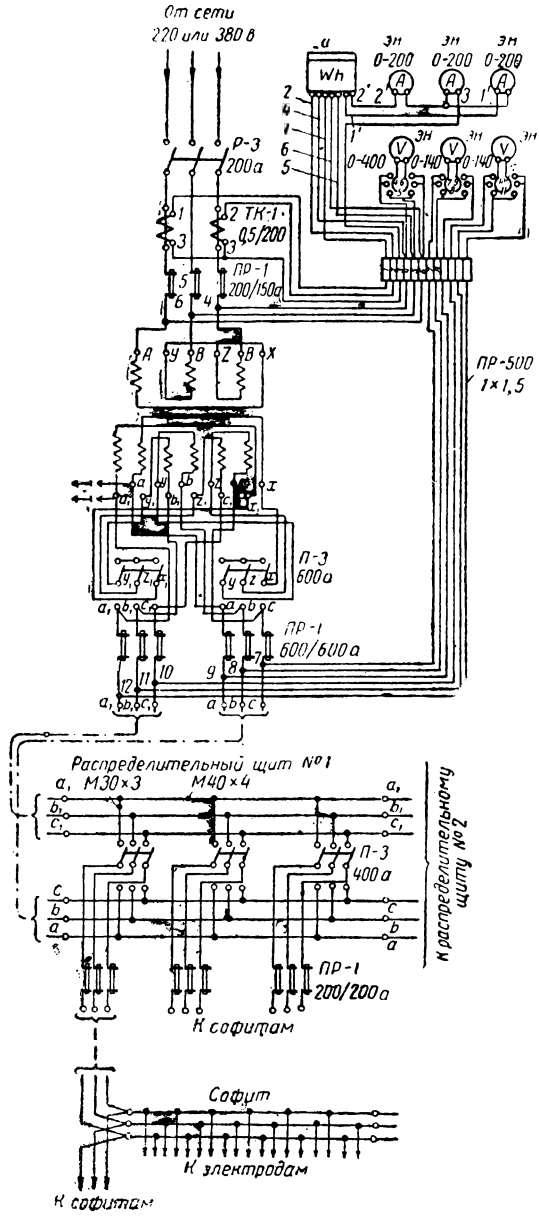


Рис. 1. Принципиальная схема электропрогрева

бое из двух напряжений, имеющихся на шинах распределительного щита, без переключения на главном щите.

Сеть низкого напряжения от главного щита к распределительному и к потребителям выполняется кабелями или изолированными проводами. Сечение проводов определяется по максимальному току нагрузки, получаемому при включении трансформаторов на низшую ступень напряжения.

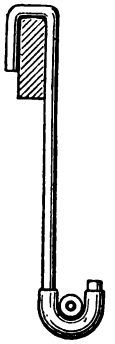


Рис. 2. Крюк для подвески проводов

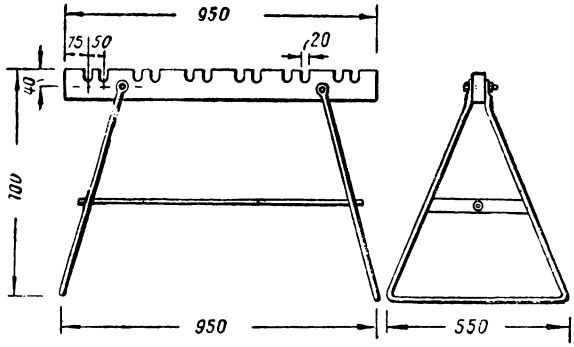


Рис. 3. Козлы для укладки проводов

Предельным радиусом действия установки для электропрогрева следует считать 50—60 *м*.

В многоэтажных зданиях провода подвешиваются на крюках (рис. 2), а на открытых площадках прокладываются на ко́злах (рис. 3). На верхней деревянной планке ко́зел устраиваются открытые вырезы для проводов, а поверх планки укладывается деревянный брус, образующий клицу.

Для подводки электроэнергии к электродам при прогреве бетона применяются софиты различной конструкции. На рис. 4 показан софит из стальных стержней диаметром 16 *мм*, длиной 2,5 *м*. Присоединение проводов, отходящих от софита, производится клиньями, закрепляющими концы проводов в отверстиях, сделанных в стержнях. Диаметр отверстий 5—6 *мм*, расстояния между отверстиями 400—500 *мм*.

Присоединение электродов к проводам рекомендуется осуществлять с помощью специальных зажимов (рис. 5).

II. ЭЛЕКТРОПРОГРЕВ БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Электропрогрев сборных и монолитных бетонных и железобетонных конструкций с модулем поверхности[1] 5 и более осуществляется следую-

[1] Модулем поверхности называется отношение размеров поверхности охлаждения конструкции (в $м^2$) к ее объему (в $м^3$).

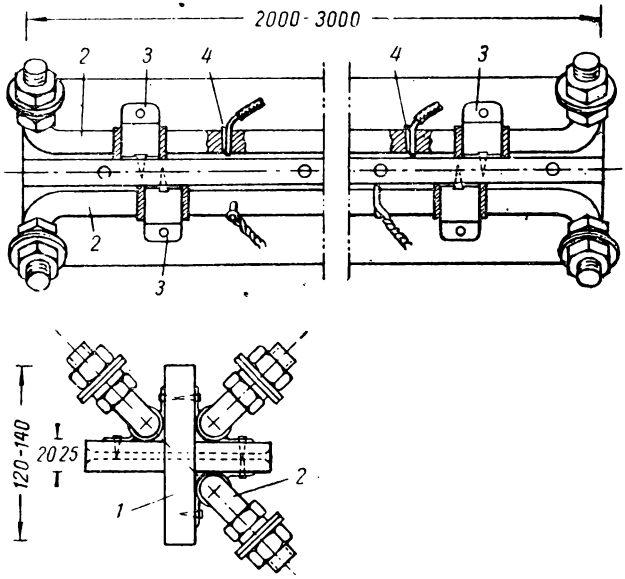


Рис. 4. Софит

1 — крестовина из дерева; *2* — стальные токоподводящие стержни; *3* — крепление стержней к крестовине; *4* — клинья для крепления проводов

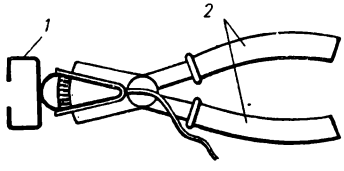


Рис. 5. Зажим для присоединения электродов к проводам

1 — токоведущий зажим; *2* — изолирующие рукоятки

щими основными способами: электродный электропрогрев, электропрогрев с помощью нагревательных панелей и электропрогрев с помощью термоактивной опалубки.

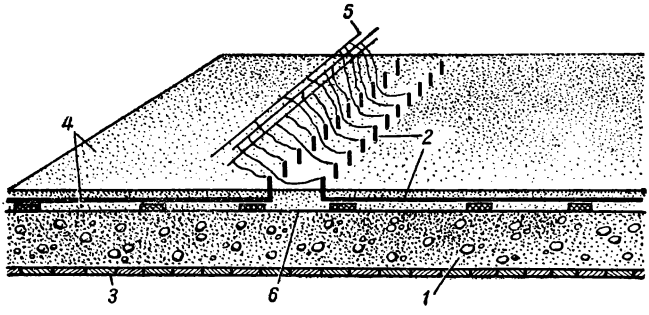


Рис. 6. Термоактивная опалубка для электропрогрева плит

1 — бетон; *2* — электроды; *3* — опалубка; *4* — опилки; *5* — питающая сеть; *6* — рубероид или толь

При электродном способе прогрева применяются: стержневые электроды из обрезков арматурной стали диаметром 5—6 *мм*, струнные продольные электроды из стали диаметром от 10 до 14 *мм*, поверхностные пластинчатые из кровельной стали и нашивные электроды из листовой стали толщиной 1,5—2 *мм* или круглой стали диаметром 6 *мм*.

Концы стержневых электродов должны выступать на 5—6 *см* из конструкции. Концы звеньев струнных электродов (длина звена 2,5—3 *м*) выводятся наружу и загибаются под прямым углом, выступая от поверхности опалубки на 5—6 *см*. При прокладке нескольких струн рекомендуется подключать их к разным фазам.

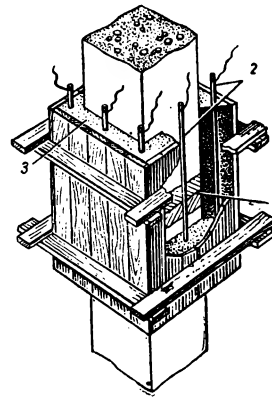


Рис. 7. Термоактивная опалубка для электропрогрева стыков сборного железобетона

1 — рабочий шов; *2* — стержневые электроды; *3* — влажные опилки

Нагревательная панель представляет собой утепленный короб из досок толщиной 25 *мм*, заполненный внутри опилками. К нижней части короба прикреплены через 25—30 *см* полосовые электроды шириной 60—80 *мм* и толщиной 1,5—2 *мм*. Предназначаются для прогрева плит перекрытий толщиной до 12 *см* с одиночной арматурой.

Термоактивная опалубка применяется при прогреве плит перекрытий и других конструкций с открытой поверхностью. В этом случае на бетон укладывается рубероид или толь, на который насыпается слой опилок (рис. 6), покрываемых сверху до-

сками для уменьшения теплопотерь. Для прогрева колонн, балок и других аналогичных конструкций вокруг их опалубки устраивается деревянный короб, а пространство между коробом и опалубкой засыпается просеянными опилками. До засыпки опилок укладываются струнные электроды так, чтобы они не касались короба и опалубки. Опилки увлажняются 0,2—0,5%-ным раствором соли (поваренной, хлористого кальция, медного купороса и т. п.). При подключении электродов к сети опилки нагреваются протекающим через них током.

Применение термоопалубки требует соблюдения специальных противопожарных мер и должно быть согласовано с пожарной охраной. Термоопалубка применяется также для электропрогрева стыков и рабочих швов при строительстве из сборного железобетона (рис. 7).

Ориентировочно расход электроэнергии при прогреве в термоопалубке составляет 200 *квт-ч* при средней потребной мощности (при включении тока) 4—7 *квт* на 1 $м^3$ бетона.

2. РЕЖИМ ЭЛЕКТРОПРОГРЕВА БЕТОНА

а) При всех способах электропрогрева предварительно устанавливается и тщательно соблюдается режим электропрогрева и остывания конструкций, обеспечивающий до замораживания прочность, требуемую техническими условиями.

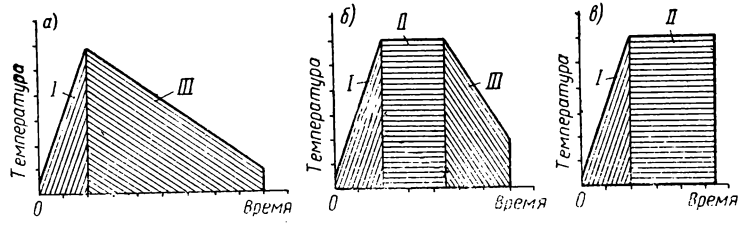


Рис. 8. Режим электропрогрева

а — первый режим; *б* — второй режим; *в* — третий режим; *I* — подъем температуры до максимально допустимой; *II* — изотермический прогрев; *III* — процесс остывания

б) Максимально допустимая температура электропрогрева бетона для различных его марок и видов при модулях от 6 до 20 колеблется в пределах 30—70°.

в) Выделение достаточного количества тепла за все время электропрогрева возможно лишь при регулировании величины тока путем изменения напряжения в пределах от 50 до 120 *в*. На низкой стороне трансформаторов напряжение регулируется соответственным включением обмоток.

г) Во избежание перегрева слоев бетона, соприкасающихся с электродами, электропрогрев в начальной стадии ведется при пониженном напряжении (50—60 *в*), которое по мере твердения бетона повышается до 100—110 *в*.

д) Применяются следующие три режима электропрогрева (рис. 8).

При первом режиме температура поднимается до максимально допустимой, затем нарастание прочности бетона происходит при выключенном токе за счет тепла, накопленного при нагреве, и за счет экзотермии цемента; режим применяется при прогреве массивных конструкций. При втором режиме температура поднимается до максимально допустимой и поддерживается на этом уровне некоторое время; дальнейшее нарастание прочности бетона происходит при выключенном токе (в процессе остывания); этот режим применяется при прогреве конструкций среднего объема. Третий режим отличается от второго тем, что изотермический прогрев продолжается до получения требуемой прочности бетона; режим применяется при прогреве ажурных конструкций.

Таблица 2

Длительность (в час.) прогрева бетона на различных цементах

Средняя температура в град.	Шлако-портландцемент 250—300		Пуццолановый портландцемент марки 300		Портландцемент марки 300—400	
	При условии получения проектной прочности в %					
	50	70	50	70	50	70
70	18	24	16	22	—	—
60	22	34	24	36	24	38
50	34	50	40	54	32	50
40	48	75	55	95	45	80

Таблица 3

Электрическая мощность, необходимая для электропрогрева электродным способом, в *квт/м*³

Модуль поверхности	Температура изотермического прогрева в град.											
	30		30		50		50		60		60	
	при подъеме температуры		при изотермическом прогреве		при подъеме температуры		при изотермическом прогреве		при подъеме температуры		при изотермическом прогреве	
	Температура наружного воздуха в град.											
	—10	—20	—10	—20	—10	—20	—10	—20	—10	—20	—10	—20
6	3,35	3,6	1	1,2	3,6	3,8	1,4	1,65	3,7	4	1,8	1,9
8	3,6	4	1,3	1,6	4	4,3	1,9	2,25	4,1	4,5	2,35	2,55
10	3,9	4,3	1,6	2	4,3	4,7	2,4	2,8	4,5	4,9	2,8	3,2
12	4,25	4,7	1,8	2,4	4,7	5,2	2,85	3,35	4,9	5,5	3,5	3,85
15	4,7	5,3	2,4	3	5,3	5,9	3,6	4,2	5,6	6,2	4,2	4,8
20	5,4	6,3	3,2	4	6,3	7	4,8	5,7	6,6	7,4	5,6	6,3

Примечание. В таблице приведена мощность в *квт*, потребная для прогрева бетонных конструкций с интенсивностью подъема температуры 5° в час и для изотермического прогрева при заданных температурах.

Таблица 4

Расход электроэнергии (в *квт-ч/м*³) для прогрева бетонных конструкций

Модуль поверхности	Температура наружного воздуха —10°				Температура наружного воздуха —20°			
	Прочность бетона в % от 30-дневной прочности							
	50		70		50		70	
	Температура изотермического прогрева в град.							
	50	60	50	60	50	60	50	60
6	74	75	100	100	80	84	112	112
8	90	88	124	120	98	100	140	138
10	105	102	149	142	118	115	170	170
12	120	115	172	164	135	130	198	195
15	143	136	209	196	163	154	240	222

Таблица 5

Количество проводниковых материалов в *м* на одну установку для электродного электропрогрева

Тип трансформатора	Количество трансформаторов в установке в шт.	Сечение провода марки ПР в *мм*²							Количество софитов
		16	25	35	50	70	95	1,5 для присоединения электродов	
ТМ-75/6	1	—	—	180	450	—	180	450	18
ТБ-35	1	—	180	225	—	90	—	250	10
ТБ-20, СТЭ-24, СТЭ-32, СТЭ-34	1	120	—	80	50	—	—	200	8
ТБ-20, СТЭ-24, СТЭ-32, СТЭ-34	3	—	—	180	225	—	90	450 600	18 24

III. ЭЛЕКТРООТТОГРЕВ ГРУНТА

Электрооттогрев грунта (допускается только при малых объемах работ) может производиться при помощи горизонтальных или вертикальных электродов, присоединяемых непосредственно к электросети напряжением 120, 220 и 380 *в* без понизительных трансформаторов.

Горизонтальные электроды применяются для отогрева грунта на небольшую глубину (0,5—0,7 *м*). Поверхность грунта после укладки электродов покрывают слоем опилок толщиной 15—20 *см*, смоченных в растворе соли. При этом способе тепло передается грунту главным образом от нагревающегося слоя опилок, так как в процессе прогрева грунта активно участвует лишь его верхний слой незначительной толщины, прилегающий к электродам. Опилки в первый момент оттаивания грунта играют роль побудителя, а в дальнейшем служат теплозащитой.

Побудительный прогрев может быть осуществлен также путем пробивки в грунте между электродами бороздок глубиной до 6 *см*, которые заливают водным раствором соли.

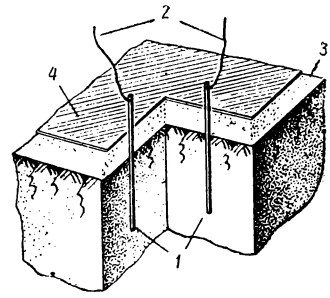


Рис. 9. Вертикальные электроды

1 — вертикальные электроды; *2* — провода; *3* — опилки, смоченные соляным раствором; *4* — верхнее утепление (толь, маты и т. п.)

Вертикальные электроды (рис. 9) применяются при глубине отогрева мерзлого грунта более 0,7 *м*. Перед забивкой электродов прогреваемый участок покрывают слоем влажных опилок. В твердые, глинистые и песчаные грунты с влажностью более 15—20% электроды забиваются на глубину 20—25 *см*, а затем осаживаются по мере оттаивания грунта. При оттаивании на глубину 1,5 *м* рекомендуется иметь два комплекта электродов — короткие и длинные.

Отогрев грунта на глубину 2 *м* и более следует производить ступенями с периодическим удалением оттаявших слоев.

Таблица 6

Потребная мощность и расход электроэнергии для оттаивания 1 $м^3$ грунта вертикальными электродами

Температура промерзания грунта в град.	При напряжении в *в*					
	220			380		
	средняя потребная мощность в *квт*	средний расход энергии в *квт-ч*	длительность в час.	средняя потребная мощность в *квт*	средний расход энергии в *квт-ч*	длительность в час.
— 2	1,6	35	22	5	35	7
— 5	1,5	39	26	4,3	39	9
—10	1,2	44	36	2,7	44	16

В целях экономии электроэнергии и максимального использования мощности средняя температура прогреваемого грунта не должна превышать 2,5° и в отдельных точках 15—20°. При этом прогрев следует вести участками с периодическим отключением от источников тока.

Электрические иглы (рис. 10) применяются при рытье траншей. Трубы-иглы забиваются в землю (в предварительно пробуренные

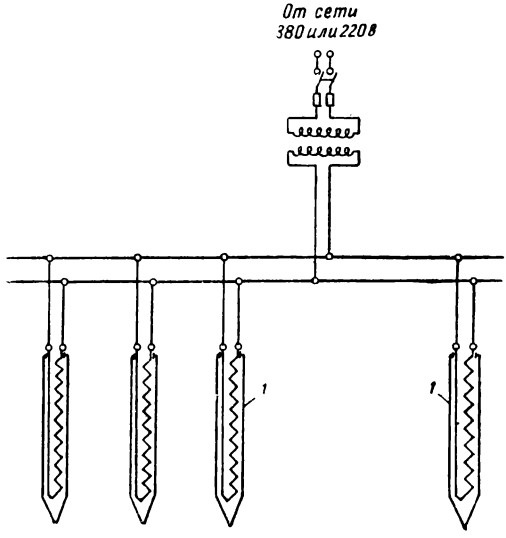


Рис. 10. Схема включения электрических игл

1 — электроиглы

отверстия), а их нагревательные спирали, изготовленные из фехраля или другого металла с высоким удельным сопротивлением, включаются в сеть параллельно. По сравнению с электродным способом прогрева грунта применение электрических игл дает экономию электроэнергии.

IV. ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Простейшие электронагревательные элементы в виде спиралей из проволоки применяются для устройства электропечей, служащих для прогрева бетонных конструкций с замкнутым объемом и замерзшего грунта, сушки штукатурки и др. Эти нагревательные элементы представляют собой свободно висящую или навитую на изоляторы спираль из стальной проволоки или из проволоки с большим удельным сопротивлением (нихром, фехраль).

В табл. 7 и 8 приведены данные для выбора диаметра и определения длины стальной и нихромовой проволоки в зависимости от потреб-

Таблица 7

Выбор длины (в *м*) и диаметра (в *мм*) стальной проволоки электронагревательных элементов (при включении спирали под напряжение 220 *в*)

Мощность тока *P* в *квт*	Сила тока в *а*	Диаметр проволоки в *мм*	0,6		0,7		0,8		0,9		1		1,1		1,2		1,3		1,4		1,5		2	
		Теплоотдача в *ккал/час*	*l*	$t^{\circ}_{пр}$	*l*	$t^{\circ}_{пр}$	*l*	$t^{\circ}_{пр}$	*l*	$t^{\circ}_{пр}$	*l*	$t^{\circ}_{пр}$	*l*	$t^{\circ}_{пр}$	*l*	$t^{\circ}_{пр}$	*l*	$t^{\circ}_{пр}$	*l*	$t^{\circ}_{пр}$	*l*	$t^{\circ}_{пр}$	*l*	$t^{\circ}_{пр}$
0,7	3,18	600	121	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,81	3,68	700	96	125	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,93	4,22	800	77	150	121	105	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,04	4,72	900	61	195	100	130	143	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,16	5,26	1 000	50	240	83	160	123	115	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,39	6,31	1 200	33	350	59	220	88	165	122	125	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,62	7,35	1 400	—	—	41	310	66	220	91	170	138	115	174	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,85	8,4	1 600	—	—	31	430	49	290	74	215	105	160	142	125	180	100	—	—	—	—	—	—	—	—
2,04	9,28	1 800	—	—	—	—	37	380	55	275	84	200	115	155	154	115	183	110	—	—	—	—	—	—
2,21	10	2 000	—	—	—	—	29	480	44	335	66	260	92	200	128	140	155	130	192	110	—	—	—	—
2,55	11,6	2 200	—	—	—	—	—	—	35	410	54	310	76	240	102	185	132	150	183	130	204	105	—	—
2,78	12,6	2 400	—	—	—	—	—	—	—	—	44	380	61	295	85	225	112	180	141	150	177	130	—	—
3	13,6	2 600	—	—	—	—	—	—	—	—	36	440	51	350	71	270	96	210	124	175	150	150	—	—
3,24	14,7	2 800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	43	410	60	320	81	250	106	200	131	170	298	90
3,47	15,8	3 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	380	69	295	92	230	116	190	270	100
4,05	18,4	3 500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	35	490	48	410	66	330	84	265	215	125
4,64	21,1	4 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	48	420	61	360	172	150
5,21	23,7	4 500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	46	460	135	200
5,8	26,4	5 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	108	245
6,36	29	5 500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	88	300
6,95	31,6	6 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	72	360

Таблица 8

Выбор длины (в *м*) и диаметра (в *мм*) нихромовой проволоки электронагревательных элементов (при включении спирали под напряжение 220 *в*)

Мощность тока *P* в *квт*	Сила тока в *а*	Диаметр проволоки в *мм*	0,4		0,5		0,6		0,7		0,8		0,9		1		1,1		1,2		1,3		1,4	
		Тепло-отдача в *ккал/час*	*l*	$t°_{пр}$	*l*	$t°_{пр}$	*l*	$t°_{пр}$	*l*	$t°_{пр}$	*l*	$t°_{пр}$	*l*	$t°_{пр}$	*l*	$t°_{пр}$	*l*	$t°_{пр}$	*l*	$t°_{пр}$	*l*	$t°_{пр}$	*l*	$t°_{пр}$
0,175	0,8	150	31	110	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,23	1,05	200	23	155	28	105	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,29	1,32	250	18	210	22	130	42	110	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,35	1,59	300	14,8	270	18,4	170	35	140	48	105	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,4	1,82	350	12,3	340	15,6	230	29	170	41	130	53	110	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,46	2,09	400	10,5	420	13,6	270	25	200	35	150	47	125	57	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,52	2,36	450	9,1	500	11,8	320	22	230	31	170	41	145	50	120	65	100	—	—	—	—	—	—	—	—
0,58	2,64	500	8,1	620	10,2	370	19,7	270	28	200	37	165	45	135	58	110	—	—	—	—	—	—	—	—
0,7	3,18	600	6,6	700	8,5	490	16	350	23	260	30	210	38	170	48	140	59	120	70	100	—	—	—	—
0,81	3,64	700	5,7	810	7,1	590	13,3	440	19,5	320	26	260	32	210	41	170	50	140	60	125	70	110	—	—
0,93	4,22	800	5	910	6,1	700	11,5	510	16,8	390	22	310	27	260	35	205	43	170	52	150	61	130	72	115
1,04	4,72	900	4,3	1010	5,2	790	10,1	580	14,5	470	19,5	370	24	300	31	240	38	215	46	175	54	155	63	130
1,16	5,26	1 000	—	—	4,6	860	9	660	13	540	17,5	420	22	340	28	280	34	240	41	205	48	180	57	140
1,39	6,31	1 200	—	—	3,5	1000	7,2	810	10,7	580	14,2	530	17,6	440	23	360	28	330	33	265	40	225	47	200
1,62	7,35	1 400	—	—	—	—	5,9	930	8,9	760	11,8	630	15	530	19,4	440	24	390	28	330	33	285	39	240
1,85	8,40	1 600	—	—	—	—	5,4	1020	7,7	870	10,2	730	12,7	610	16,5	520	20	450	24	390	29	340	34	300
2,04	9,28	1 800	—	—	—	—	—	—	6,6	960	9	810	11,2	690	14,6	600	17,8	540	21	460	25	400	30	340
2,21	10	2 000	—	—	—	—	—	—	5,8	1050	8	900	10,2	770	13	660	15,8	600	19,2	510	23	450	26	400
2,55	11,6	2 200	—	—	—	—	—	—	—	—	7,1	970	8,9	830	11,6	730	14,2	650	17,3	570	20,6	500	24	440
2,78	12,6	2 400	—	—	—	—	—	—	—	—	6,4	1060	8,2	930	10,5	800	12,9	700	15,8	640	18,6	560	22	500
3	13,6	2 600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,3	970	9,8	860	11,8	760	14,3	680	17	610	20	540
3,24	14,7	2 800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,7	1040	8,8	920	10,8	800	13,1	730	16	650	18,3	590
3,47	15,8	3 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8,2	970	10	880	12,1	780	14,4	700	16,8	630
4,05	18,4	3 500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8,4	990	10,3	900	12	800	14,3	730
4,64	21,1	4 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8,8	1020	10,5	910	12,3	820
5,21	23,7	4 500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9,1	1000	10,8	910
5,8	26,4	5 000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	1090	9,5	990
6,36	29	5 500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8,5	1000

ного количества тепла в *ккал/час*. Таблицы составлены для свободно висящих спиралей, к концам которых приложено напряжение 220 *в*.

Для определения длины проволоки, потребляемой мощности и теплоотдачи элемента при иных напряжениях на концах спирали следует величины, приведенные в табл. 7 и 8, умножать на следующие коэффициенты:

при 120 *в* . . . . . на 0,576
„ 380 „ . . . . . „ 1,73

При этом температура нагрева проволоки будет такой, как указано в этих таблицах.

В случае прямолинейной натяжки проволоки или при ее навивке на изоляторы табличные данные надлежит умножить на следующие коэффициенты:

при прямолинейной натяжке: $t°$ . . . . . на 0,8; l . . . . на 1,15
„ навивке на изоляторы: $t°$ . . . . . „ 1,3; l . . „ 0,85

РАЗДЕЛ ВОСЬМОЙ

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

I. ИСТОЧНИКИ СВЕТА И ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Таблица 1

Основные световые величины и единицы (по ГОСТ 7932-56)

Наименование величины	Единица измерения	Символ	Сокращенные обозначения единиц измерения		Размер единицы
			русскими буквами	латинскими буквами	
Сила света	Свеча	*I*	*св*	*cd*	—
Световой поток	Люмен	*F*	*лм*	*lm*	(1 *св*)·(1 *стер*)*
Световая энергия	Люмен-секунда	—	*лм-с*	*lm-s*	(1 *лм*):(1 сек.)
Светность	Люмен на квадратный метр	*R*	*лм/м²*	*lm/m²*	(1 *лм*):(1 *м²*)
Освечивание	Свеча-секунда	—	*св-с*	*cd-s*	(1 *св*)·(1 сек.)
Яркость	Нит**	*B*	*нт*	*nt*	(*K*·1 *св*):(*K*·1 *м²*), где *K*-произвольный, предельно малый числовой множитель
Освещенность	Люкс	*E*	*лк*	*lx*	(1 *лм*):(1 *м²*)
Количество освещения	Люкс-секунда	—	*лк-с*	*lx-s*	(1 *лк*)·(1 сек.)

* *Стер* — стерадиан — угол, который, имея вершину в центре сферы, вырезает на ее поверхности участок, равный квадрату радиуса.

** До 1956 г. — единица яркости стильб (*сб*); 1 *нт* равен 0,0001 *сб*.

Примечание. «Светлость» характеризует светящуюся поверхность, а «освещенность» — освещаемую.

2. ИСТОЧНИКИ СВЕТА

Таблица 2

Лампы накаливания нормальные (по ГОСТ 2239-54)

Тип лампы			Мощность в *вт*	Световой поток в *лм*		Размеры в *мм*		Цоколь
100 *в*	127 *в*	220 *в*		ламп 110—127 *в*	ламп 220 *в*	диаметр колбы	длина лампы	
НВ-1	НВ-40	—	10	70	—	61	107	Р-27
НВ-2	НВ-10	НВ-23	15	125	101	61	107	Р-27
НВ-3	НВ-11	НВ-24	25	228	198	61	107	Р-27
НВ-4	НВ-12	НВ-25	40	380	340	66	124	Р-27
НГ-1	НГ-21	НВ-27	60	600	540	66	124	Р-27
НГ-2	НГ-22	НГ-47	75	915	698	66	124	Р-27
НГ-3	НГ-23	НГ-48	100	1 320	1 050	76	159	Р-27
НГ-4	НГ-24	НГ-49	150	2 280	1 845	81	175	Р-27
НГ-5	НГ-25	НГ-50	200	3 200	2 660	97	205	Р-27
НГ-6	НГ-26	НГ-51	300	5 160	4 350	112	237	Р-27
НГ-7	НГ-27	НГ-52	400	7 000	6 000	112	242	Р-40
НГ-8	НГ-28	НГ-53	500	9 100	8 000	112	242	Р-40
НГ-9	НГ-29	НГ-54	750	14 250	12 980	152	336	Р-40
НГ-10	НГ-30	НГ-55	1 000	19 500	18 000	152	336	Р-40
—	НБ-7	—	55	650	—	61	110	Р-27
—	НБ-8	—	71	900	—	66	131	Р-27
—	НБ-9	—	96	1 300	—	66	131	Р-27
—	—	НБ-6	82	900	—	66	131	Р-27
—	—	НБ-5	109	1 300	—	66	131	Р-27

НВ — вакуумные лампы; НГ — газополные; НБ — биспиральные. Лампы до 200 *вт* включительно могут снабжаться цоколями 2ш-22 с уменьшением длины лампы на 3 *мм*; лампы 300 *вт* могут иметь цоколь Р-40 с увеличением длины лампы на 5 *мм*.

Таблица 3

Лампы накаливания для местного освещения (по ГОСТ 1182-54)

Тип лампы	Напряжение в *в*	Мощность в *вт*	Световой поток в *лм*	Размеры в *мм*		Цоколь
				диаметр колбы	длина лампы	
МО- 9	12	11	100	51	82	Р-27
МО-10	12	20	200	51	82	Р-27
МО-11	12	40	500	61	107	Р-27
МО-12	36	14	100	51	82	Р-27
МО-13	36	25	200	51	82	Р-27
МО-14	36	50	500	61	107	Р 27

Таблица 4

Люминесцентные лампы (по ГОСТ 6825-54)

Номинальная мощность в *вт*	Напряжение на лампе в *в*	Ток лампы в *а*	Размеры в *мм*			Световой поток лампы в *лм*			
			d	L_1	*L*	ДС	ХБС	БС	ТБС
15	58	0,3	25	436	451	490	490	560	500
20	60	0,35	38	589	604	700	700	800	700
30	108	0,32	25	894	909	1 160	1 160	1 400	1 250
40	108	0,41	38	1 198	1 213	1 700	1 700	1 920	1 750
80*	112	0,82	38	1 481	1 496	3 040	—	3 440	3 200

d — диаметр трубки; L_1 — расстояние между электродами лампы; *L* — полная длина лампы. Типы ламп: ДС — лампа дневного света, ХБС — холодно-белого, БС — белого, ТБС — тепло-белого.

* Данные по техническим условиям.

Таблица 5

Размеры балластов для люминесцентных ламп

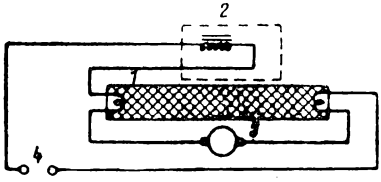


Рис. 1. Схема включения люминесцентной лампы

1 — лампа; *2* — дроссель; *3* — пускатель (стартер); *4* — зажимы

Тип	Напряжение сети в *в*	Мощность лампы в *вт*	Наибольшие габаритные размеры в *мм*		
			длина	ширина	высота
ДБМ-15-127	127	15	148	74	45
ДБМ-20-127	127	20	148	74	45
ДБМ-30-220	220	30	184	74	45
ДБМ-40-220	220	40	184	74	45
ПРУ-1/15	127	15	244	74	44
ПРУ-1/20	127	20	244	74	44
ПРУ-1/30	220	30	294	74	44
ПРУ-1/40	220	40	294	74	44
ПРУ-2/15	127	15	384	74	44
ПРУ-2/20	127	20	384	74	44
ПРУ-2/30	220	30	454	74	44
ПРУ-2/40	220	40	454	74	44

ДБМ — дроссель; ПРУ-1 — балласт для одной лампы, включающий в себя, кроме дросселя, конденсатор для повышения коэффициента мощности; ПРУ-2 — балласт для двух ламп, обеспечивающий как повышение коэффициента мощности, так и относительный сдвиг по фазе токов обеих ламп.

Таблица 6

Характеристика ламп накаливания в зависимости от подводимого напряжения

Напряжение в *в*	Сила тока в *а*	Мощность в *вт*	Световой поток в *лм*	Световая отдача в *лм/вт*
В % от значения при номинальном напряжении				
85	92	78	56	72
90	95	85	70	82
92	96	88	75	85
94	97	91	81	89
96	98	94	86	92
98	99	97	93	96
100	100	100	100	100
102	101	103	107	104
104	102	107	115	107
106	103	110	122	111
108	105	114	129	113
110	106	117	137	117

Примечание. Данные таблицы являются средними для ламп разных мощностей и напряжений, в том числе ламп малого напряжения и биспиральных ламп.

3. ЭЛЕКТРООСВЕТИТЕЛЬНАЯ АРМАТУРА

Таблица 7

Осветительная арматура для внутреннего освещения с лампами накаливания

Типы светильников	Наибольшая мощность в *вт*	Применение	Наибольшая высота подвеса в *м*
Арматура для производственных предприятий			
„Альфа" большая и малая (Аж) (рис. 2)	75	Для местного освещения нормальных отапливаемых и неотапливаемых производственных помещений	—
„Универсаль" без затенителя и с затенителем (У и $У_м$) (рис. 3)	200 и 500	Для общего освещения нормальных и пожароопасных производственных помещений (отапливаемых и неотапливаемых) с незначительным присутствием пыли, копоти, кислотных испарений и т. д. (например, механические, деревообрабатывающие мастерские и т. п.), а также для наружного освещения	4—6
Глубокоизлучатель эмалированный (Гэ) (рис. 4)	200, 500 и 1 000	Для общего освещения нормальных отапливаемых и неотапливаемых производственных помещений	8—12
„Кососвет" (рис. 5)	300	Для одностороннего освещения (например, через окна помещений, в которых хранятся взрывчатые вещества)	—
Рудничный нормальный (Рн) (рис. 6)	200	Для общего освещения пыльных, сырых и особо сырых помещений	5
Фарфоровый полугерметический ($Ф_м$) для подвешивания (рис. 7)	100	То же	5
Подвесной с кольцевым затенителем типа ПМ-1 (рис. 8)	150—300	Для общего освещения производственных помещений	5
Арматура для бытовых и конторских помещений			
Люцетта открытая молочного стекла (Лц) (рис. 9)	200	Для общего освещения контор, проектных бюро, столовых и бытовых помещений	5
Шар молочного стекла (Шм)	60/109, 150, 300, 1 000		
Люцетта с фарфоровым патроном ($Л_ф$) (рис. 10)	200	Для общего освещения сырых и особо сырых помещений	5

Таблица 8

Осветительная арматура для люминесцентных ламп

Тип светильника	Количество и мощность ламп в *вт*	Исполнение	Наличие решетки	Поставка	Размеры в *мм* (рис. 11)		
					А	*Б*	*В*
ОД-2×30	2×30	Одиночные и сдвоенные	Без решетки	Без стартера и ламп	925	200	250
ОД-2×30	2×30	То же	Без решетки и с решеткой	То же	925	200	250
ОД-2×40	2×40	„	То же	„	1 227	266	310
ОД-2×40	2×40	Одиночные	Без решетки	Со стартерами, без ламп	1 227	266	310

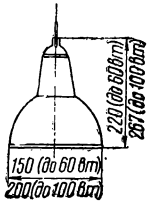


Рис. 2. Светильник „Альфа"

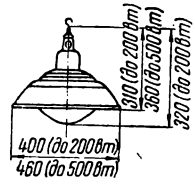


Рис. 3. Светильник „Универсаль"

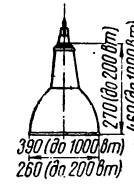


Рис. 4. Светильник „Глубокоизлучатель эмалированный"

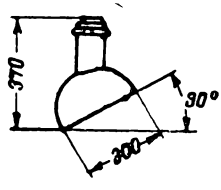


Рис. 5. Светильник „Кососвет"

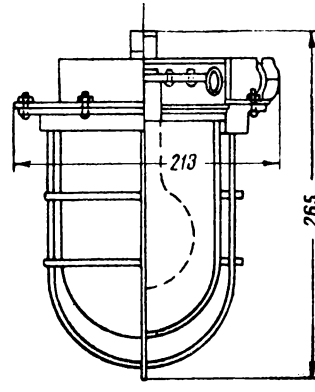


Рис. 6. Светильник „Рудничный нормальный"

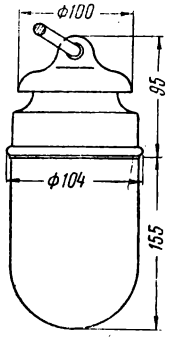


Рис. 7. Светильник „Фарфоровый полугерметический"

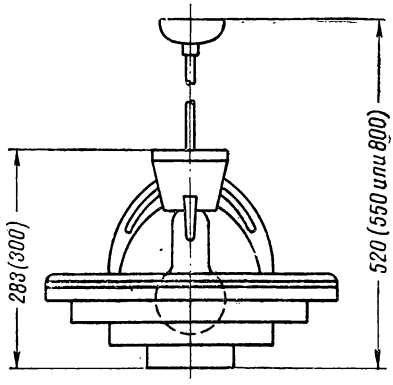


Рис. 8. Светильник „Подвесной с кольцевым затенителем" типа ПМ-1

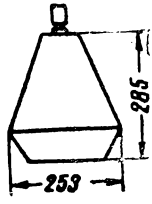


Рис. 9. Светильник Люцетта открытая молочного стекла

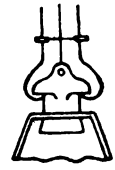


Рис. 10. Светильник Люцетта с фарфоровым патроном

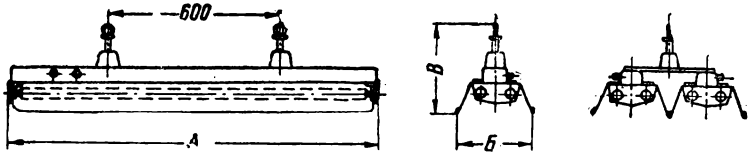


Рис. 11. Светильник типа ОД-2×30 для люминесцентных ламп

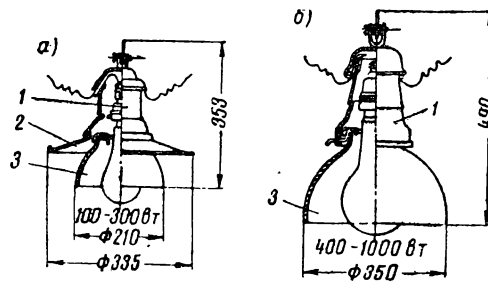


Рис. 12. Осветительная арматура наружного освещения

а — СПО-300; *б* — СПО-1000; *1* — корпус; *2* — отражатель металлический диффузный; *3* — защитное стекло молочное

Таблица 9

Осветительная арматура наружного освещения для ламп накаливания (рис. 12)

Тип	Наименование и характеристика	Мощность ламп в *вт*	Способ установки	Защитный угол, создаваемый молочным стеклом, в град.	К. п. д. в %	Вес в *кг*
СПО-300	Подвесная, прямого света, симметричная, открытая снизу, с металлическим диффузным отражателем, с молочным защитным стеклом	100—300	Крюк для подвески к тросу или к конструкции с изоляторами	12	70	2,2
СПО-1000	То же, но без металлического отражателя	400—1 000	То же	15	80	2,7

Примечание. Для освещения отдельных участков территории, дорог, проездов, открытых складов и т. п. широко применяются также светильники «Универсаль» без затенителя (У) — (см. табл. 7).

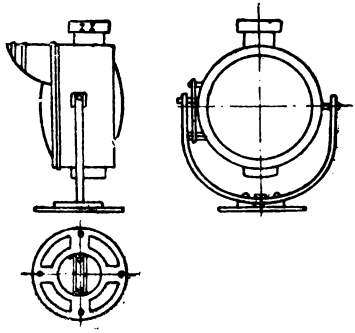


Рис. 13. Прожектор заливающего света типа ПЗ

4. ПРОЖЕКТОРЫ ЗАЛИВАЮЩЕГО СВЕТА

Прожекторы заливающего света применяются для освещения больших открытых территорий, для освещения ночных строительных и тому подобных работ.

Таблица 10

Основные технические данные прожекторов

Тип прожектора	Габаритные размеры (высота, глубина, ширина) в *мм*	Вес в *кг*	Отражатель	Защитное стекло	Патрон	Вентиляционное устройство	Возможный поворот или наклон прожектора в град.	
							в горизонтальной плоскости	в вертикальной плоскости
ПЗС-45	705×572×590	23	Стеклянный посеребренный	Плоское, бесцветное, прозрачное (по ГОСТ 111-41) 1-й сорт	Фарфоровый подрезьбовой цоколь Р-40	Есть	360	Вверх 80, вниз 45
ПЗС-35	590×292×435	9,6	То же	То же	То же	Нет	360	Вверх 85, вниз 45
ПЗ-24	322×315×295	2,8	Стальной хромированный		Металлический подрезьбовой цоколь Р-27	„	Не имеет	Вверх 80, вниз 60
ПЗМ-45	590×292×435	9,5	То же		То же, как ПЗС-45	„	360	Вверх 85, вниз 45

Таблица 11

Лампы накаливания для прожекторов (по ГОСТ 2239-54)

Тип прожектора	Типы ламп	Номинальные				Предельные			Цоколи (по ГОСТ 2520-51)	Размеры в *мм*		
		мощность в *вт*	световой поток в *лм*	светоотдача в *лм/вт*	напряжение в *в*	мощность в *вт* не более	световой поток в *лм* не менее	светоотдача в *лм/вт* не менее		диаметр резьбы	полная длина	высота светового центра
ПЗС-45	НГ-10	1 000	19 500	19,5	110	1 080	16 200	17,6	Р-40	152	336	253±8
	НГ-30	1 000	19 500	19,5	127	1 080	16 200	17,6	Р-40	152	336	253±8
	НГ-55	1 000	18 000	18	220	1 080	14 940	16,2	Р-40	152	336	253±8
ПЗС-35 ПЗМ-35	НГ-8	500	9 100	18,2	110	540	7 555	16,4	Р-40	112	242	180±7
	НГ-28	500	9 100	18,2	127	540	7 555	16,4	Р-40	112	242	180±7
	НГ-53	500	8 000	16	220	540	6 630	14,4	Р-40	112	242	180±7
ПЗ-24	НГ-4	150	2 280	15,2	110	162	1 895	13,7	Р-27	81	175	130±6
	НГ-24	150	2 280	15,2	127	162	1 895	13,7	Р-27	81	175	130±6
	НГ-49	150	1 845	12,3	220	162	1 530	11,1	Р-27	81	175	130±6

Таблица 12

Светотехнические данные прожекторов (по ГОСТ 6047-51)

Тип прожектора	Лампы накаливания (по ГОСТ 2239-54)		Сила света		Угол рассеяния в пределах до 0,1 номинальной силы света, в градусах	
	мощность в *вт*	напряжение в *в*	номинальная в *св*	допустимое отклонение в %	в горизонтальной плоскости	в вертикальной плоскости
ПЗС-45	1 000	110 и 127	200 000	−10	22	19
		220	130 000		26	24
ПЗС-35	500	110 и 127	85 000	−10	20	18
		220	50 000		21	19
ПЗМ-35	500	110 и 127	70 000	−10	28	17
		220	40 000		30	20
ПЗ-24	150	110 и 127	Не менее 10 000		Не менее 16°	
		220	Не нормируется			

II. ПРАВИЛА И НОРМЫ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

1. НОРМЫ ОСВЕЩЕННОСТИ

Таблица 13

Наименьшая освещенность на рабочих поверхностях в производственных помещениях

Характеристика работы	Размер объекта различения в *мм*	Разряд работы	Подразряд	Контраст объекта с фоном	Фон	Наименьшая освещенность в *лк*			
						при люминесцентных лампах		при лампах накаливания	
						комбинированное освещение	одно общее освещение	комбинированное освещение	одно общее освещение
Особо точная	0,1 и менее	I	а	Малый	Темный	3 000	750	1 500	300
			б	Малый	Светлый	2 000	750	1 000	300
				Средний	Темный				
			в	Средний	Светлый	1 500	500	750	300
				Большой	Темный				
			г	Большой	Светлый	750	300	400	150
Высокой точности	Более 0,1 до 0,3	II	а	Малый	Темный	2 000	750	1 000	300
			б	Малый	Светлый	1 000	400	500	150
				Средний	Темный				

Продолжение табл. 13

Характеристика работы	Размер объекта различения в *мм*	Разряд работы	Подразряд	Контраст объекта с фоном	Фон	Наименьшая освещенность в *лк* при люминесцентных лампах: комбинированное освещение	при люминесцентных лампах: одно общее освещение	при лампах накаливания: комбинированное освещение	при лампах накаливания: одно общее освещение
Высокой точности	Более 0,1 до 0,3	II	в	Средний	Светлый	750	200	400	100
				Большой	Темный				
			г	Большой	Светлый	500	150	300	75
Точная	Более 0,3 до 1	III	а	Малый	Темный	1 000	300	500	150
			б	Малый	Светлый	750	200	400	100
				Средний	Темный				
			в	Средний	Светлый	500	150	200	50
				Большой	Темный				
			г	Большой	Светлый	400	150	200	50
Малой точности	Более 1 до 10	IV	а	Малый	Темный	150	150	150	50
			б	Малый	Светлый	150	150	150	50
				Средний	Темный				
			в	Средний	Светлый	100	100	100	30
				Большой	Темный				
			г	Большой	Светлый	100	100	100	30
Грубая	Более 10	V	—	Независимо от коэффициента отражения фона и контраста объекта с фоном		100	100	100	30
Требующая общего наблюдения за ходом производственного процесса без выделения отдельных деталей		VI	—	То же		75	75	—	20

Таблица 14

Наименьшая освещенность от общего освещения жилых и общественных зданий и вспомогательных помещений

Наименование помещений	Наименьшая освещенность в *лк* при лампах		Поверхности, к которым относятся нормы освещенности
	люминесцентных	накаливания	
Жилые комнаты:			
в общежитиях[1]	100	50	0,8 *м* от пола в горизонтальной плоскости
в квартирах[1]	75	30	То же
Комнаты отдыха	150	75	То же
Рабочие комнаты для конторских занятий[1]	200	75	»
Комнаты общественных организаций, красные уголки[1]	150	75	»
Читальные залы[1]	300	100	»
Залы столовых, чайных, закусочных и буфетов	200	75	»
Раздевальные и моечные помещения в банях и душевых павильонах	100	50	На полу
Вестибюли и гардеробные в общежитиях, общественных, административных, а также в промышленных зданиях	75	30	0,8 *м* от пола в горизонтальной плоскости
Главные лестницы в административных и промышленных зданиях	75	20	На площадках и ступенях лестниц
Прочие лестницы в общественных, административных и промышленных зданиях и лестницы жилых домов	50	10	То же
Главные коридоры и проходы в общественных и промышленных зданиях	75	20	»
Прочие коридоры и проходы в промышленных, общественных и административных зданиях	50	10	На полу
Варочные залы в кухнях предприятий общественного питания и в общежитиях	200	75	0,8 *м* от пола в горизонтальной плоскости
Кубовые и сушилки	75	30	На полу
Лифты пассажирские и грузовые	75	30	То же
Санитарные узлы в общественных и промышленных зданиях	75	30	»

[1] Требуется дополнительное местное освещение (штепсельные розетки).

Таблица 15

Нормы освещенности мест работы на открытых пространствах

Разряд работ	Характеристика выполняемых работ	Наименьшая освещенность в *лк*
0	Работы повышенной точности, требующие различения отдельных деталей при отношении наименьшего размера объекта различения к расстоянию до глаза менее 0,005	50
I	Работы точные, требующие различения отдельных деталей при отношении наименьшего размера рассматриваемой детали к расстоянию до глаза в пределах 0,005—0,02	25
II	Работы малой точности и грубые при отношении наименьшего размера рассматриваемой детали к расстоянию до глаза в пределах 0,02—0,05	10

Продолжение табл. 15

Разряд работ	Характеристика выполняемых работ	Наименьшая освещенность в лк
III	Работы с механизмами, не требующие различения отдельных мелких деталей производственного процесса	5
IV	Работы, требующие различения лишь крупных предметов, находящихся в непосредственной близости к работающему или связанные с обзором рабочих поверхностей без выделения на них каких-либо деталей	2

Примечание. В условиях повышенной опасности травматизма норму освещенности для работ III и IV разрядов принимать соответственно по второму и третьему разрядам.

Таблица 16

Нормы освещенности территорий промышленных предприятий, строек, подъездных и железнодрожных путей

Участки территорий	Наименьшая освещенность в горизонтальной плоскости на уровне земли в лк
Главные проходы и проезды:	
с интенсивным движением людских и грузовых потоков	3
со средним движением людских и грузовых потоков	1
Прочие проходы и проезды	0,5
Лестницы, трапы и мостики для переходов	3
Охранное освещение	0,5
Железнодорожные подъездные и прочие пути, товарные рампы в их пределах	2

Таблица 17

Нормы освещенности при производстве строительно-монтажных работ (от установок общего освещения)*

Наименование рабочих операций и участков территорий	Наименьшая освещенность в лк	Плоскость, в которой нормируется освещенность
Территория строительной площадки в районе производства работ**	2	На уровне земли
Крановые работы	10	Горизонтальная
	10	Вертикальная
Такелажные работы	10	Горизонтальная
Сборка и монтаж строительных механизмов:		
а) сборка с пригонкой частей	50***	Горизонтальная
б) навеска цепей, тросов и т. п.	25***	Горизонтальная
	25***	Вертикальная
в) укладка подкрановых путей	25***	Горизонтальная

* На основе Норм электрического освещения строительных и монтажных работ (СН 81-60), утвержденных Госстроем СССР 8 января 1960 г.

** Нормы освещенности дорог и проездов см. табл. 16.

*** Необходимы дополнительные переносные или передвижные осветительные средства.

Продолжение табл. 17

Наименование рабочих операций и участков территории	Наименьшая освещенность в *лк*	Плоскость, в которой нормируется освещенность
Земляные работы, производимые экскаваторами	5	Горизонтальная
	10	Вертикальная
Устройство траншей	10	Горизонтальная
	10	Вертикальная
Планировочные работы	10	В плоскости площадки
Земляные работы, производимые намывным способом:		
а) устройство эстакад, монтаж пульповодов	10	Горизонтальная
б) карта (зона) намыва	2	Горизонтальная
Буровые работы и забивка свай	10	Вертикальная (по всей высоте вышки или сваи)
Монтаж строительных конструкций	25	Горизонтальная
	25	Вертикальная
Бетонирование:		
а) конструкций с большим содержанием арматуры	25	На поверхности бетона
б) крупных простых блоков	10	То же
Транспортеры, подающие бетон	10	На поверхности транспортера
Бетоновозные эстакады	3	Вертикальная
Станки для заготовки арматуры и сварочные аппараты	50	Горизонтальная
Сборка арматуры и установка опалубки	25	Горизонтальная
	25	Вертикальная
Кирпичная кладка и монтаж сборных фундаментов	25	Горизонтальная
	10	Вертикальная
Плотнично-столярные работы	50	На рабочей поверхности
Кровельные работы	25	В плоскости кровли
Штукатурные и малярные работы	50	На рабочей поверхности
Монтаж санитарно-технического оборудования в зданиях	30—50*	На рабочей поверхности
Электромонтажные работы	30—50*	На рабочей поверхности
Монтаж и сборка технологического оборудования	30—50*	На рабочей поверхности

* Необходимы дополнительные переносные или передвижные осветительные средства

2. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРООСВЕЩЕНИЯ НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Для электрического освещения в условиях строительства применяются как лампы накаливания, так и люминесцентные.

Люминесцентные лампы следует применять в помещениях, где выполняется работа, связанная с различением цветовых оттенков; при

выполнении точных работ, требующих значительного напряжения зрения; в производственных помещениях с постоянным пребыванием людей без естественного освещения или где оно недостаточно. Люминесцентные лампы применяются также для наружного освещения.

Применение люминесцентных ламп дает значительную экономию электроэнергии, так как их светоотдача выше, чем у ламп накаливания.

Электроосвещение производственных и тому подобных помещений может быть общим и комбинированным, если к светильникам общего освещения добавляются лампы, устанавливаемые у рабочих мест (местное освещение). Применение одного только местного освещения не допускается.

При устройстве комбинированного освещения освещенность на рабочей поверхности от светильников общего освещения должна составлять не менее 10% нормы комбинированного освещения для данного источника света, но не менее 100 *лк* при люминесцентных лампах и 30 *лк* при лампах накаливания. Освещенность от светильников общего освещения свыше 200 *лк* при люминесцентных лампах и свыше 100 *лк* при лампах накаливания необязательна.

При совместном применении люминесцентных ламп и ламп накаливания освещенность рабочих поверхностей принимается:

в системе одного общего освещения — по нормам для люминесцентных ламп;

в системе комбинированного освещения — по нормам для ламп, установленных в светильниках местного освещения (табл. 13).

При местном освещении лампами накаливания, а при общем освещении — люминесцентными лампами последнее должно создавать освещенность не менее 100 *лк*.

В складах громоздких предметов и сыпучих тел, а также в периодически посещаемых людьми местах (водопроводные туннели, приямки фундаментов машин и т. п.) освещенность при лампах накаливания может быть снижена до 5 *лк*.

Освещенность открытых пространств территорий производственных предприятий, строительных площадок, карьеров, подъездных автомобильных дорог и железнодорожных путей должна приниматься на уровне земли в горизонтальной плоскости согласно табл. 15, 16 и 17.

Высота светового центра (высота подвеса) над уровнем пола или земли светильников общего освещения (для ограничения слепящего действия) должна быть не менее указанной в табл. 18 и 19.

Для освещения строительных площадок могут применяться как светильники (типов «Универсаль», СПО-300 и др.), так и прожекторы заливающего света.

Для освещения небольших площадок, а также дорог, подъездных путей и проездов более целесообразно применение светильников с лампами 200—300 *вт*. Светильники подвешиваются к опорам воздушной линии на расстоянии 20—30 *м* друг от друга.

При использовании для освещения строительных площадок прожекторов типа ПЗС-35 с лампами 300 и 500 *вт* они устанавливаются на опорах на высоте от уровня земли порядка 10 *м* с расстоянием между опорами 150—200 *м*; наклон оси прожектора к горизонтали (вниз) 8—15°.

Для дополнительного освещения мест производства строительно-монтажных работ оборудуются передвижные прожекторные вышки с прожекторами типов ПЗ-24 и ПЗС-35 с лампами 150—300 *вт*.

Таблица 18

Наименьшая высота подвеса светильников общего освещения с лампами накаливания

Тип светильника	В помещениях над полом		На открытых пространствах над уровнем земли или рабочей площадки	
	При лампах мощностью в *вт*			
	200 и менее	более 200	200 и менее	более 200
Светильники с диффузными отражателями с защитным углом в пределах от 10 до 30°, без рассеивателей	3	4	3,5	4,5
То же, с защитным углом более 30°	Не ограничивается	3	3	3,5
Светильники с диффузными отражателями, снабженные рассеивателями, а также для внутренних помещений без отражателей с рассеивателями:				
с коэффициентом пропускания до 80% в зоне 0—90° и до 55% в зоне 60—90°	3	4	3,5	4,5
с коэффициентом пропускания до 55% в зоне 0—90°	2,5	3	2,5	3,5
Открытые лампы с колбой из матированного стекла	4	6	—	—

Таблица 19

Наименьшая высота подвеса в помещениях светильников с люминесцентными лампами

Тип светильника	Защитный угол светильника в поперечной и продольной плоскостях в град.	Наименьшая высота подвеса в *м* при количестве ламп в светильнике или светящейся полосе	
		4 и менее	более 4
Светильник прямого света с диффузным отражателем	15—25	4	4,5
	25—40	3	3,5
	Более 40	Не ограничивается	
Светильник рассеянного света с коэффициентом пропускания рассеивателей:			
менее 55%	—	2,6	3,2
от 55 до 80%	—	3,5	4

III. УПРОЩЕННЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРООСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

1. РАСЧЕТ ОБЩЕГО РАВНОМЕРНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ ПО МЕТОДУ УДЕЛЬНОЙ МОЩНОСТИ

Таблицы (20 и 21), предложенные инж. Г. М. Кнорringом, позволяют определять необходимую мощность ламп для общего равномерного освещения без выполнения светотехнического расчета.

По исходным данным — тип светильника, E, h и S* — находят значение удельной мощности w, которое умножают на число квадратных метров площади помещения и получают общую мощность ламп P. Мощность каждой лампы принимается ближайшей к частному от деления общей мощности ламп на их число.

Нормативы предполагают наиболее выгодное расположение ламп при напряжении 220 *в* и коэффициенте запаса, равном 1,3.

Для ламп 110—127 *в* и биспиральных значения w следует выбирать по ближайшему большему интервалу площадей, т. е. понижать на одну ступень; при коэффициенте запаса 1,5— по ближайшему меньшему интервалу площадей, т. е. повышать на одну ступень. Значения коэффициентов запаса для различных помещений приведены в табл. 20.

Для помещений удлиненной формы ($A>2{,}5B$) значения w принимаются по условной площади — 2,5 B^2.

Таблица 20

Коэффициенты запаса для проектирования электрического освещения

Объекты	Коэффициент запаса при лампах		Сроки чистки светильников не реже
	люминесцентных	накаливания	
Помещения с большим выделением пыли, дыма или копоти	2	1,7	Четырех раз в месяц
Помещения со средним выделением пыли, дыма или копоти	1,8	1,5	Трех „
Помещения с малым выделением пыли, дыма или копоти	1,5	1,3	Двух „
Открытые площадки	1,5	1,3	Трех „

Примечание. Значения коэффициентов запаса включают снижение освещенности в процессе эксплуатации.

* E — требуемая минимальная освещенность в *лк*;
h — высота подвеса светильников над поверхностью освещаемой площади в *м*;
S — освещаемая площадь в $м^2$.

Таблица 21

Удельная мощность (w) общего равномерного освещения при лампах накаливания

Высота подвеса в *м*	Освещаемая площадь в $м^2$	Требуемая освещенность в *лк*						
		5	10	20	30	50	75	125
«Универсаль» без затенителя (в числителе) и с затенителем (в знаменателе)								
2—3	10—15	3,1/4,2	5,8/7,5	10/12	14/18	21,26	28,36	43,56
	15—25	2,5/3,4	4,7/6,2	8,5/10,8	11,3/14,6	17/22	24/30	36/43
	25—50	2,2/2,8	4,5,1	7/9	9,4/11,3	14/17,4	20/25	30/38
	50—150	1,9/2,4	3,6/4,4	6,3/7,5	8,5/9,4	12,2,15	17/22	24/31
	150—300	1,7/2,2	3,2/4	5,7/6,8	7,5/8,5	11,3/13	16/19	23/27
	>300	1,6/2	3/3,2	5,4/6,4	7/8	10,7/12,2	15/17,4	22/25
4—6	10—17	4,9/6,2	8,3/10,3	14/17,4	20/24	31/40	45/58	72/90
	17—25	3,9/4,9	6,6/2,2	11,3/14,4	15,5/21	25/32	35/47	57/74
	25—35	3,2/4,1	5,5/7	9,4/12,2	13/17	21/27	30/39	47/61
	35—50	2,8/3,6	4,7/6	8/10,3	11,3/15	18/22	25/30	39/49
	50—80	2,3,2,9	3,9/4,9	6,6/8,5	9,4/11,7	14/17,4	21/25	32/42
	80—150	1,9,2,3	3,1/4	5,5/6,8	8,9,4	11,7/15	16,4/21	28/37
	150—400	1,6/1,9	2,6/3,3	4,7/5,9	6,6,8,5	10,3/12,2	14,6/18	25/31
	>400	1,4/1,8	2,3/2,8	4,2/5,2	5,9/7,5	9,4/10,8	13/16	22/27
Глубокоизлучатель эмалированный								
4—6	10—17	4,9	8,8	14	20,7	32	44	72,5
	17—25	4	6,8	11,1	16,3	24,4	34	59
	25—35	3,3	5,5	9,4	13,4	20,7	28	47
	35—50	2,8	4,7	8,2	11,3	17,9	23,5	37,5
	50—80	2,4	4	6,8	9,4	15	20,1	31
	80—150	2	3,4	5,8	8,2	12,7	17,9	26
	150—400	1,8	3	5,1	7	11,3	15,5	23,5
	>400	1,5	2,6	4,3	6,3	8,9	13,6	21

Продолжение табл. 21

Высота подвеса в м	Освещаемая площадь в м²	Требуемая освещенность в лк						
		5	10	20	30	50	75	125
		Люцетта цельного стекла						
2—3	10—15	4	7,3	13	17,4	26	36	53
	15—25	3,4	6,1	10,6	14	22	28	44
	25—50	2,8	5,1	9	11,7	18	23	37
	50—150	2,4	4,3	7,5	10	15	19,2	30,2
	150—300	2	3,8	6,5	8,7	12,7	17	26
	>300	1,8	3,4	6,1	8	—	16	24
3—4	10—15	5,2	9	14,8	23	34	50	80
	15—20	4,3	7,5	12,2	18	27	40	64
	20—30	3,6	6,4	10,7	14,5	22	32	52
	30—50	3	5,3	9	12	18	26	43
	50—120	2,4	4,3	7,5	9,9	14,2	22	36
	120—300	2	3,6	6,1	8,1	12	18	30
	>300	1,7	3,1	5,3	6,8	9,9	15	26
		Светильник фарфоровый полугерметический						
2—3	10—15	5,4	10,7	18,5	27	—	—	—
	15—25	4,3	8,2	14,5	21	—	—	—
	25—50	3,7	6,7	11,6	17,7	—	—	—
	50—150	3	5,1	9,5	14,4	—	—	—
	150—300	2,4	4,1	7,8	12,8	—	—	—
	>300	2	3,6	6,6	10,2	—	—	—
3—4	10—15	8	15,7	28	44	—	—	—
	15—20	6,7	12,6	23	35	—	—	—
	20—30	5,4	9,7	18	27	—	—	—
	30—50	4	7,6	14	22	—	—	—
	50—120	2,9	5,8	11,6	17,5	—	—	—
	120—300	2,3	4,7	9,2	14	—	—	—
	>300	1,9	3,6	7,3	10,7	—	—	—

2. РАСЧЕТ ПРОЖЕКТОРНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ОТКРЫТЫХ ПРОСТРАНСТВ МЕТОДОМ УДЕЛЬНОЙ МОЩНОСТИ

Определение необходимого числа прожекторов для освещения той или иной площади может быть произведено (приближенно) по графикам, приведенным на рис. 14. Задаваясь величиной требуемой

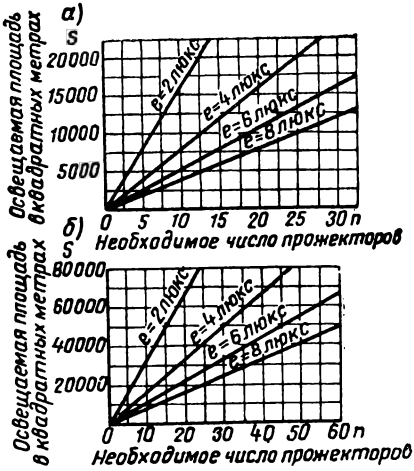


Рис. 14. График для определения необходимого числа прожекторов для освещения строительных площадок

а — для прожекторов типа ПЗС-35 с лампой 500 *вт*; *б* — для прожекторов типа ПЗС-45 с лампой 1 000 *вт*

освещенности в *лк*, зная размер освещаемой площади в $м^2$, получаем непосредственно из графика необходимое число прожекторов с лампами мощностью 500 или 1 000 *вт*.

РАЗДЕЛ ДЕВЯТЫЙ

РЕМОНТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

I. РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

1. ДЕФЕКТАЦИЯ (РЕВИЗИЯ) И РАЗБОРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

В первую очередь при ревизии (дефектации) производится проверка необходимости ремонта машины (так как возможны случаи направления в ремонт исправных машин, ненормально работающих вследствие неполадок в питающей электросети или повреждения приводимого механизма), затем составляется карта дефектов машины.

(Лицевая сторона)

КАРТА ДЕФЕКТОВ №:

электрической машины . . . . . тока

Электроремонтная мастерская

. . . . . .
(название)

Заводской паспорт машины

Завод . . . . . , тип . . . . , № .

квт . . . , *в* . . , *а* . . . . . об мин . . . , *гц* . . . . .

Ротор: *в* . . . . , *а* . . . . . Исполнение .

Статор

$D_н / D_р$ . . . . . *мм*, длина . . . . . *мм*, число пазов .

Размер паза—ширина . . . . . × . . . . . высота . . . . . *мм*

Зазор . . . . . *мм*, шлиц . . . . . *мм*

Наименьшая ширина зубца . . . . . *мм*

Вид обмотки . . . . . .

Число катушек . . . . . Пазовый шаг . . . . . .

Статор

Проводов в пазу . . . . . , по . . . . . параллельно

Диаметр провода . . . . . *мм*. Параллельных ветвей в фазе . .

. . . . . Сопряжение фаз обмотки . . . . . Вылет . . . . . *мм*

Сечение паза . . . . . *мм*²

Ротор

Число пазов . . . . . Вид обмотки . . . . . .

Длина . . . . . *мм* . . . . . .

Число фаз . . . . Пазовый шаг . . . . . Размер провода . . . *мм*

Число катушек . . . . . Параллельных ветвей в фазе .

Проводов в пазу . . . . . по . . . . . параллельно . . . . . .

ХАРАКТЕРИСТИКА МАШИНЫ ПОСЛЕ РЕМОНТА

Новые данные машины

Паспорт

Мощность . . . . . об/мин, ... *в*, . . . *а* . . . . . ,

гц . . . . Ротор: *в* . . . . . , *а* . . . . . .

Статор

Вид обмотки . . . . . Число катушек . . . B= . . . . *гс*

Пазовый шаг . . . Диаметр провода . . . *мм*. $B_з$= . . . . . .

Проводов в пазу . . . . . по . . . . параллельно $B_{сп}$ = ...

Параллельных ветвей в фазе . . . . . Δ= . . *а/мм*²

AS= . . . *а/см*

Сопряжение фаз . . . . . $k_{зап}$= . . . .

Ротор

Число пазов . . . . . Число катушек. . . . . v_1 . . . . . *в*

Пазовый шаг . . . . Диаметр провода . . . *мм*. AS= . . . *а/см*

Параллельных ветвей в фазе . . . . . Δ= . . *а/мм*²

Проводов в пазу . . . . . по . . . . параллельно

Сопряжение фаз . . . . . $k_{зап}$= . . . .

$D_н$—наружный диаметр активной стали;
$D_р$—диаметр расточки.

Подпись ответственного исполнителя

«_____» _____ 19_____ г.

КАРТА № . . . . ДЕФЕКТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНЫ

(Оборотная сторона)

Узлы и детали машины	Неисправности	Примечание	Узлы и детали машины	Неисправности	Примечание
Плита			Втулки изоляционные . . .		
Статор, пакет активной стали . .			Щеткодержатели .		
Передний щит . .			Щетки		
Задний „ . .			Механизм короткого замыкания		
Подшипники . . .			Клеммная коробка		
Вкладыши			Выводы		
Смазочные кольца			Вентилятор . . .		
Маслоуказатели .			Состояние изоляции		
Ротор, пакет активной стали . .			Обмотка статора .		
Вал, шпонка . . .			„ ротора .		
Контактные кольца			Шкив		
Траверса			Салазки		
Пальцы			Крепежные детали		
			Рым		

В дефектацию (ревизию) электрической машины входят:

Наружный осмотр. Проверяется состояние корпуса, наличие и состояние крепежа, фланцев, клеммной планки, состояние выводных концов. Особенно внимательно необходимо проверять отсутствие трещин в подшипниковых щитах.

Проверка состояния обмоток. Проверяется сопротивление изоляции обмотки относительно корпуса и между фазами, отсутствие обрывов в обмотке или на выводах и витковых замыканий внутри обмотки, общее состояние пазовой и витковой изоляции.

При проверке состояния обмоток следует учитывать, что для большинства электродвигателей мощностью до 5—8 *квт* с двухслойной обмоткой производить частичный ремонт обмотки нецелесообразно.

Запись обмоточных данных статора и ротора: паспортные данные, тип обмотки, число проводов в пазу, диаметр или сечение проводов, род витковой изоляции, шаг обмотки по пазам, схема соединений, вылет лобовых частей, размеры пазов и их число.

Замер величины зазора. Если величина зазора увеличена против нормального заводского исполнения более чем на 15%, машина является неполноценной и целесообразность ее ремонта сомнительна. При ревизии следует иметь таблицу нормальных зазоров для всех типов машин, обычно ремонтируемых в мастерской. Нормальные зазоры для некоторых электродвигателей приведены в табл. 1.

Проверка состояния подшипников (качения или скольжения), посадочных мест и шеек валов.

Проверка состояния активной стали и ее запрессовки. Необходимо тщательно проверить отсутствие осевого смещения пакетов активной стали; даже относительно небольшое смещение может вызвать значительное увеличение тока холостого хода.

Проверка состояния вентиляторов и других деталей.

Все данные заносятся на карту дефектов.

При разборке электрических машин необходимо обращать особое внимание на демонтаж шкивов и шарикоподшипников, так как возможны повреждения посадочных мест и изгиб вала. Применяемые для демонтажа стяжки должны иметь не менее трех лапок. Необходимо

Обмоточные данные

Обозначения, принятые в таблице: $D_н$—наружный диаметр активного железа; $D_р$—диа z_1—число пазов в статоре; $d_{гол}$—диаметр голого провода; S—число активных проводов z_2—число пазов короткозамкнутого ротора; Δ—соединение в звезду; △—соединение в

А. Единая серия

Тип двигателя	Мощность в *квт*	Напряжение в *в*	Ток в *а*	При нормальной нагрузке			Размеры в *мм*		
				к. п. д. в %	cos φ	об/мин	$\frac{D_н}{D_р}$	L	δ
А031/2	0,6	220/380 127/220 500	2,4/1,4 4,2/2,4 1,1	76	0,85	2 860	$\frac{145}{82}$	64	0,35
А031/2 (второе исполнение)	1	220/380 127/220 500	4,2/2,4 7,2/4,2 1,85	78,5	0,8	2 860	$\frac{145}{82}$	64	0,35
А31/4 и А031/4	0,6	220/380 127/220 500	2,8/1,6 4,8/2,8 1,2	74	0,77	1 410	$\frac{145}{89}$	64	0,25
А32/2 и А032/2	1,7	220/380 127/220 500	6,4/3,7 11,1/6,4 2,8	81,5	0,87	2 850	$\frac{145}{82}$	100	0,35
А32/4 и А032/4	1	220/380 127/220 500	4,2/2,4 7,2/4,2 1,85	78,5	0,8	1 410	$\frac{145}{89}$	100	0,25
А41/2	2,8	220/380 127/220 500	10/5,8 17,3/10 4,4	84	0,88	2 870	$\frac{182}{104}$	75	0,5
А041/2	1,7	220/380 127/220 500	6,2/3,6 10,7/6,2 2,8	81,5	0,87	2 880	$\frac{182}{104}$	75	0,5
А41/4 и А041/4	1,7	220/380 127/220 500	6,6/3,8 11,5/6,6 2,9	81,5	0,83	1 420	$\frac{182}{112}$	75	0,3

следить за тем, чтобы усилия были равномерно распределены по окружности шкива или подшипника, а направление усилия строго совпадало с осью вала лапки стяжек должны быть заложены за внутреннее кольцо шарикоподшипников.

Таблица 1

асинхронных электродвигателей

метр расточки; L—длина пакета стали статора; δ—зазор в *мм*; B—индукция в зазоре, в пазу; y—шаг обмотки; a—число параллельных ветвей в фазе; $G_м$—вес обмотки в *кг*; треугольник.

асинхронных двигателей (А)

Обмотка статора									z_2
B	z_1	$d_{гол}$	S	род обмотки	y	a	соединение фаз	$G_м$	
—	24	0,59 0,8 0,49	92 53 121	однослойная	—	1 1 1	△/Δ △/Δ Δ	1,36 1,45 1,24	20
—	24	0,67 0,93 0,57	74 43 97		—	1 1 1	△/Δ △/Δ Δ	1,57 1,43 1,37	20
—	24	0,57 0,77 0,47	118 68 155		—	1 1 1	△/Δ △/Δ Δ	1,2 1,24 1,06	18
—	24	0,83 1,12 0,72	49 29 65		—	1 1 1	△/Δ △/Δ Δ	1,65 1,78 1,65	20
—	24	0,72 0,96 0,59	80 46 105		—	1 1 1	△/Δ △/Δ Δ	1,50 1,55 1,34	18
—	24	1,12 2×1 0,96	47 27 62		—	1 1 1	△/Δ △/Δ Δ	3,1 2,88 3	20
—	24	1,04 2×0,96 0,9	53 31 70		—	1 1 1	△/Δ △/Δ Δ	2,8 3 2,7	20
—	36	0,96 1,3 0,83	53 31 70		—	1 1 1	△/Δ △/Δ Δ	2,8 3 2,7	26

Тип двигателя	Мощность в *квт*	Напряжение в *в*	Ток в *а*	При нормальной нагрузке			Размеры в *мм*		
				к. п. д. в %	cos φ	об/мин	$\frac{D_н}{D_р}$	*L*	δ
А41/6 и А041/6	1	220/380 127/220 500	4,8/2,8 8,2/4,8 2,1	77	0,72	930	$\frac{182}{112}$	75	0,3
А42/2	4,5	220/380 127/220 500	15,7/9,1 27/15,7 6,8	85,5	0,88	2 870	$\frac{182}{104}$	115	0,5
А042/2	2,8	220/380 127/220 500	10/5,8 17,3/10 4,4	84	0,88	2 880	$\frac{182}{104}$	115	0,5
А42/4 и А042/4	2,8	220/380 127/220 500	10,4/6 18/10,4 4,6	83,5	0,85	1 420	$\frac{182}{112}$	115	0,3
А42/6 и А042/6	1,7	220/380 127/220 500	7,5/4,3 13/7,5 3,3	79,5	0,75	930	$\frac{182}{112}$	115	0,3
А51/2	7	220/380 127/220 500	24/13,8 41/24 10,5	87	0,89	2 890	$\frac{245}{140}$	90	0,6
А051/2	4,5	220/380 127/220 500	15,6/9,1 27/15,6 6,9	85,5	0,88	2 900	$\frac{245}{140}$	90	0,6
А51/4 и А051/4	4,5	220/380 127/220 500	16,1/9,3 27,8/16,1 7,1	85,5	0,86	1 440	$\frac{245}{152}$	90	0,4
А51/6 и А051/6	2,8	220/380 127/220 500	11,4/6,6 19,7/11,4 5	82,5	0,78	950	$\frac{245}{152}$	90	0,4
А52/2	10	220/380 127/220 500	33,8/19,5 58,5/33,8 15	87,5	0,89	2 890	$\frac{245}{140}$	140	0,6
А052/2	7	220/380 127/220 500	24/13,8 41/24 10,5	87	0,89	2 900	$\frac{245}{140}$	140	0,6

Продолжение табл. 1

Обмотка статора									z_2
B	z_1	$d_{гол}$	S	род обмотки	y	a	соединение фаз	$G_м$	
—	36	0,77 1,04 0,67	76 44 100	однослойная	—	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Λ	2,06 2,16 2,06	26
—	24	2×0,96 3×1 1,2	31 18 41		—	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Λ	3,4 3,2 3,5	20
—	24	2×0,83 3×0,9 1,04	39 23 51		—	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Λ	3,2 3,3 3,25	20
—	36	1,2 2×1,12 1	36 20 46		—	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Λ	3,4 3,4 3,1	26
—	36	1 1,35 0,86	50 29 66		—	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Λ	2,82 3 2,8	26
—	24	2×1,3 4×1,2 2×1,12	32 18 42		—	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Λ	7,6 7,2 7,5	20
—	24	2×1,16 4×1,08 2×1	38 22 50		—	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Λ	7,3 7,35 7,2	20
—	36	2×1,12 3×1,25 1,4	32 18 42		—	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Λ	6,3 6,3 6,2	26
—	36	1,35 2×1,25 1,16	47 27 62		—	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Λ	5,15 5,15 5,05	44
—	24	3×1,3 4×1,5 2×1,4	21 12 28		—	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Λ	8,25 8,5 8,5	20
—	24	3×1,16 4×1,3 2×1,25	26 16 34		—	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Λ	8,25 8,5 8,5	20

Тип двигателя	Мощность в *квт*	Напряжение в *в*	Ток в *а*	При нормальной нагрузке			Размеры в *мм*		
				к. п. д. в %	cos φ	об/мин	$\frac{D_н}{D_р}$	*L*	δ
А52/4 и А052/4	7	220/380 127/220 500	24,2/14 42/24,2 10,6	87	0,87	1 440	$\frac{245}{152}$	140	0,4
А52/6 и А052/6	4,5	220/380 127/220 500	17,5/10,1 30,3/17,5 7,7	84,5	0,8	950	$\frac{245}{152}$	140	0,4
А61/2	14	380/220 500	27,5/47 21	87,5	0,89	2 920	$\frac{327}{180}$	75	0,75
А62/2	20	380/220 500	38/66 29	88,5	0,9	2 920	$\frac{327}{180}$	100	0,75
А61/4	10	380/220 500	20/34,5 15	87	0,88	1 450	$\frac{327}{200}$	75	0,4
А62/4	14	380/220 500	27,5/47,5 21	88	0,88	1 450	$\frac{327}{200}$	100	0,4
А61/6	7	380/220 500	15,5/27 12	86	0,81	970	$\frac{327}{200}$	75	0,4
А62/6	10	380/220 500	21,5/37 16,5	86,5	0,82	970	$\frac{327}{200}$	100	0,4
А61/8	4,5	380/220 500	11/19 8,5	83,5	0,76	730	$\frac{327}{230}$	75	0,4
А62/8	7	380/220 500	15/28 12	84,5	0,78	730	$\frac{327}{230}$	100	0,4
									Б. Серия
Р21-4	1	127/220 220/380 500	6,9/4 4/2,3 1,75	—	—	1 440	$\frac{182}{115}$	75	0,3
Р22-4	1,6	127/220 220/380 500	10,4/6 6/3,45 2,65	—	—	1 440	$\frac{182}{115}$	95	0,3
Р21-6	0,5	127/220 220/380 500	4,5/2,6 2,6/1,5 1,15	—	—	955	$\frac{182}{115}$	75	0,3

Продолжение табл. 1

Обмотка статора									z_2
B	z_1	$d_{гол}$	S	род обмотки	y	a	соединение фаз	$G_м$	
—	36	2×1,4 2×1,3 2×1,2	22 25 29	однослойная	—	1 2 1	△/λ △/λ λ	7,6 7,5 7,4	26
—	36	2×1,16 3×1,25 1,4	31 18 41		—	1 1 1	△/λ △/λ λ	6,1 6,1 5,9	44
—	36	3×1,4 2×1,56	2×9 2×12	двухслойная	1—13	1 1	λ/△ λ	10,8 11,9	28
—	36	2×1,4 2×1,2	2×14 2×18		1—13	2 2	λ/△ λ	11,1 10,7	28
—	36	2×1,35 2×1,2	2×14 2×18		1—8	1 1	λ/△ λ	7,4 7,5	44
—	36	2×1,62 2×1,4	2×10 2×13		1—8	1 1	λ/△ λ	8,3 8	44
—	36	2×1,2 1,56	2×18 2×23		1—6	1 1	λ/△ λ	6,3 6,7	44
—	36	1,45 2×1,2	2×27 2×18		1—6	2 1	λ/△ λ	7,6 7	44
—	48	2×1,2 1,45	2×18 2×24		1—6	1 1	λ/△ λ	7,8 7,6	58
—	48	1,4 2×1,2	2×27 2×18		1—6	2 1	λ/△ λ	9 8,7	58
„Урал"									
5 600	36	0,96 0,72 0,62	38 64 82	двухслойная	1—8	1 1 1	△/λ △/λ λ	1,8 1,8 1,8	26
6 100	36	1,12 0,86 0,74	26 46 60		1—9	1 1 1	△/λ △/λ λ	2,2 2,2 2,2	26
5 600	36	0,74 0,57 0,49	54 94 122		1—6	1 1 1	△/λ △/λ λ	1,5 1,5 1,5	46

Тип двигателя	Мощность в *квт*	Напряжение в *в*	Ток в *а*	При нормальной нагрузке			Размеры в *мм*		
				к. п. д. в %	cos φ	об/мин	$\frac{D_н}{D_р}$	*L*	δ
Р22-6	0,8	127/220 220/380 500	6,6/3,8 3,8/2,2 1,7	—	—	955	$\frac{182}{115}$	95	0,3
Р31-4	2,5	127/220 220/380 500	16,3/9,4 9,4/5,4 4,1	—	—	1 435	$\frac{210}{127}$	85	0,3
Р32-4	3,4	127/220 220/380 500	21/12,1 12,1/7 5,3	—	—	1 435	$\frac{210}{127}$	105	0,3
Р31-6	1,3	127/220 220/380 500	9,7/5,6 5,6/3,2 2,5	—	—	955	$\frac{210}{127}$	85	0,3
Р32-6	1,8	127/220 220/380 500	13,2/7,6 7,6/4,4 3,4	—	—	955	$\frac{210}{127}$	105	0,3
Р41-4	4,5	127/220 220/380 500	28,7/16,6 16,6/9,6 7,3	—	—	1 450	$\frac{245}{154}$	95	0,35
Р42-4	5,8	127/220 220/380 500	35,4/20,4 20,4/11,8 9	—	—	1 450	$\frac{245}{154}$	115	0,35
Р41-6	2,6	127/220 220/380 500	18,2/10,55 10,55/6,1 4,6	—	—	965	$\frac{245}{154}$	95	0,35
Р42-6	3,2	127/220 220/380 500	22,5 13 13/7,5 5,7	—	—	965	$\frac{245}{154}$	115	0,35
Р51-4	8	127/220 220/380 500	48,5/28 28/16,2 12,3	—	—	1 460	$\frac{300}{190}$	95	0,45
Р52-4	10	127/220 220/380 500	61/35 35/20,2 15,3	—	—	1 460	$\frac{300}{190}$	110	0,45

Продолжение табл. 1

Обмотка статора									z_2
B	z_1	$d_{гол}$	S	род обмотки	y	a	соединение фаз	$G_м$	
6 000	36	0,9 0,69 0,59	40 70 92	двухслойная	1—6	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	1,8 1,8 1,8	46
6 500	36	1,4 1,08 0,96	26 44 58		1—9	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	3,3 3,3 3,4	26
6 400	36	1,62 1,26 1,08	20 36 46		1—9	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	3,8 3,9 3,7	26
6 400	36	1,2 0,9 0,77	38 66 86		1—6	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	2,8 2,8 2,7	46
6 600	36	1,3 1 0,86	30 52 68		1—6	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	3 3 2,9	46
7 000	36	1,25 1,35 1,16	34 30 40		1—9	2 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	3,9 4 3,9	26
6 600	36	1,35 1,5 1,3	30 26 32		1—8	2 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	4,1 4,3 4,3	26
7 000	36	1,5 1,12 0,96	26 44 58		1—6	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	3,5 3,4 3,1	46
7 200	36	1,12 1,25 1,08	42 36 46		1—6	2 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	3,4 3,6 3,4	46
7 000	36	2×1,62 2×1,25 1,50	14 24 32		1—9	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	6 6,2 6,6	26
7 000	36	2×1,74 1,35 2×1,16	12 42 28		1—9	1 2 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	6,4 6,6 6,5	26

Тип двигателя	Мощность в *квт*	Напряжение в *в*	Ток в *а*	При нормальной нагрузке			Размеры в *мм*		
				к. п. д. в %	cos φ	об/мин	$\frac{D_н}{D_р}$	*L*	*δ*
Р53-4	12	127/220 220/380 500	71/41 41/23,6 17,9	—	—	1 460	$\frac{300}{190}$	135	0,45
Р51-6	4,5	127/220 220/380 500	23,6/16,5 16,5/9,5 7,2	—	—	975	$\frac{300}{205}$	95	0,45
Р52-6	6	127/220 220/380 500	37,5/21,6 21,6/12,5 9,5	—	—	975	$\frac{300}{205}$	110	0,45
Р53-6	8	127/220 220/380 500	48,5/28 28/16,2 12,3	—	—	975	$\frac{300}{205}$	135	0,45
							В. Серия		
АД31-2	3,2	127/220 220/380 500	19,7/11,4 11,4/6,6 5	—	—	2 935	$\frac{182}{98}$	100	0,45
АД32-2	4,2	127/220 220/380 500	25,6/14,8 14,8/8,6 6,5	—	—	2 930	$\frac{182}{98}$	122	0,45
АД31-4	2,2	127/220 220/380 500	14,2/8,2 8,2/4,8 3,6	—	—	1 440	$\frac{182}{108}$	86	0,3
АД32-4	3,2	127/220 220/380 500	20,3/11,7 11,7/6,8 5,2	—	—	1 440	$\frac{182}{108}$	116	0,3
АД31-6	1,2	127/220 220/380 500	9,2/5,3 5,3/3,1 2,35	—	—	955	$\frac{182}{118}$	90	0,3
АД32-6	1,8	127/220 220/380 500	13/7,5 7,5/4,4 3,35	—	—	955	$\frac{182}{118}$	122	0,3
АД41-2	5,1	127/220 220/380 500	31/17,9 17,9/10,4 7,9	—	—	2 935	$\frac{213}{115}$	110	0,5

Продолжение табл. 1

Обмотка статора									z_2
B	z_1	$d_{гол}$	S	род обмотки	y	a	соединение фаз	$G_м$	
6 600	36	2×1,95 2×1,5 2×1,3	10 18 22	двухслойная	1—8	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	6,8 7 6,9	26
6 300	54	1,56 1,2 1,5	30 50 34		1—9	2 2 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	7,2 7,3 7,9	44
6 400	54	2×1,74 1,35 2×1,16	12 42 26		1—9	1 2 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	8 8,6 7,9	44
6 500	54	2×1,35 1,5 2×1,3	20 34 22		1—9	2 2 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	9 9,3 9,1	44
AD									
5 500	24	2×0,96 1,04 0,96	24 42 54	двухслойная	1—9	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	2,14 2,14 2,17	18
5 600	24	2×1,08 1,16 1	20 34 44		1—9	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	2,34 2,34 2,3	18
7 500	24	2×0,86 0,96 0,8	40 68 90		1—6	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	2,2 2,34 2,2	30
7 300	24	1,04 1,12 0,96	58 50 66		1—6	2 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	2,68 2,68 2,6	30
6 200	27	1,12 0,83 0,74	52 90 118		1—5	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	2,64 2,55 2,6	35
6 400	27	1,3 1 0,86	38 66 86		1—5	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	3,03 3,03 2,98	35
5 800	24	1,3 1,4 1,2	38 32 42		1—9	2 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	3,32 3,32 3,2	18

Тип двигателя	Мощность в *квт*	Напряжение в *в*	Ток в *а*	При нормальной нагрузке			Размеры в *мм*		
				к. п. д. в %	cos φ	об/мин	$\frac{D_н}{D_р}$	*L*	δ
АД42-2	7,4	127/220 220/380 500	44/25,4 25,4/14,7 11,2	—	—	2 935	213/115	136	0,5
АД41-4	4,3	127/220 220/380 500	26,8/15,4 15,4/8,9 6,8	—	—	1 450	213/128	100	0,35
АД42-4	5,8	127/220 220/380 500	35,3/20,4 20,4/11,8 9	—	—	1 450	213/128	130	0,35
АД41-6	2,7	127/220 220/380 500	18,6/10,8 10,8/6,3 4,8	—	—	965	213/143	110	0,35
АД42-6	3,5	127/220 220/380 500	23,7/13,7 13,7/7,9 6	—	—	965	213/143	136	0,35
АД51-8	2,8	127/220 220/380 500	21,3/12,3 12,3/7,1 5,4	—	—	720	245/169	122	0,4
АД51-2	10	127/220 220/380 500	59/34,2 34,2 19,8 15	—	—	2 935	245/132	122	0,6
АД52-2	12	127/220 220/380 500	71/41 41 23,8 18	—	—	2 935	245/132	142	0,6
									Г. Серия
МА201-1/4	8	127/220 220/380 500	46,4/26,8 26,8/15,5 11,8	—	—	1 450	245/154	120	0,45
МА201-2/4	10,4	127/220 220/380 500	59,5/34,3 34,3/19,8 15,1	—	—	1 450	245/154	150	0,45
МА202-1/4	13	127/220 220/380 500	75/43,2 43,2 25 19	—	—	1 460	295/180	115	0,45

Продолжение табл. 1

Обмотка статора									z_2
B	z_1	$d_{гол}$	S	род обмотки	y	a	соединение фаз	$G_м$	
5 800	24	1,45 2×1,08 1,35	30 26 34	двухслойная	1—9	2 1 1	△/Λ △/Λ Λ	3,36 3,52 3,6	18
7 700	36	1,16 1,25 1,08	38 32 42		1—8	2 1 1	△/Λ △/Λ Λ	3,12 3,12 3	27
7 310	36	1,3 1,4 1,25	30 26 34		1—8	2 1 1	△/Λ △/Λ Λ	3,58 3,58 3,68	27
7 200	36	2×1,08 1,16 1	24 42 56		1—6	1 1 1	△/Λ △/Λ Λ	3,39 3,43 3,36	44
7 200	36	2×1,2 1,3 1,12	20 34 44		1—6	1 1 1	△/Λ △/Λ Λ	3,78 3,85 3,78	44
6 300	36	2×1,16 1,25 1,08	28 48 62		1—5	1 1 1	△/Λ △/Λ Λ	4,75 4,75 4,81	44
6 100	24	2×1,12 2×1,2 2×1,05	28 24 32		1—9	2 1 1	△/Λ △/Λ Λ	4,09 4,09 4,19	18
6 200	24	2×1,25 2×1,35 2×1,16	22 20 26		1—9	2 1 1	△/Λ △/Λ Λ	4,56 4,56 4,45	18
МА									
7 200	36	2×1,45 1,56 1,35	13 23 29	Однослойная шаблонная	1—8 1—10	1 1 1	△/Λ △/Λ Λ	4,2 4,3 4,16	46
7 350	36	1,68 1,81 1,56	21 18 24		1—8 1—10	2 1 1	△/Λ △/Λ Λ	5,03 5,0 4,95	46
8 200	36	1,81 1,95 1,68	21 18 24		1—8 1—10	2 1 1	△/Λ △/Λ Λ	5,75 5,7 5,67	46

Тип двигателя	Мощность в *квт*	Напряжение в *в*	Ток в *а*	При нормальной нагрузке			Размеры в *мм*		
				к. п. д. в %	cos φ	об/мин	$\frac{D_н}{D_р}$	*L*	δ
МА202-2/4	17	127/220 220/380 500	96/55,4 55,4/32 24,4	—	—	1 460	$\frac{295}{180}$	145	0,45
МА203-1/4	22	127/220 220/380 500	125/72,5 72,5/42 31,9	—	—	1 460	$\frac{327}{200}$	132	0,5
МА203-2/4	28,5	127/220 220/380 500	162/93,5 93,5/54 41	—	—	1 470	$\frac{327}{200}$	165	0,5
МА201-1/6	5,7	127/220 220/380 500	36,3/21 21/12,1 9,2	—	—	970	$\frac{245}{162}$	120	0,4
МА201-2/6	7,3	127/220 220/380 500	45,5/26,3 26,3/15,2 11,8	—	—	970	$\frac{245}{162}$	150	0,4
МА202-1/6	9,1	127/220 220/380 500	57/33 33/19,1 14,5	—	—	970	$\frac{295}{198}$	115	0,4
МА202-2/6	11,8	127/220 220/380 500	74/42,2 42,2/24,4 18,6	—	—	970	$\frac{295}{198}$	145	0,4
МА203-1/6	15,2	127/220 220/380 500	94/54,1 54,1/31,3 23,8	—	—	975	$\frac{327}{220}$	132	0,45
МА203-2/6	19,7	127/220 220/380 500	119,5/69,2 69,2/40 30,4	—	—	975	$\frac{327}{220}$	165	0,45
МА202-1/8	6,4	127/220 220/380 500	42,2/24,4 24,4/14,1 10,7	—	—	725	$\frac{295}{203}$	115	0,4
МА202-2/8	8,3	127/220 220/380 500	54/31,2 31,2/18 13,7	—	—	725	$\frac{295}{203}$	145	0,4
МА203-1/8	11	127/220 220/380 500	71/41 41/23,7 18	—	—	725	$\frac{327}{265}$	132	0,45
МА203-2/8	14	127/220 220/380 500	89,5/51,7 51,7/29,9 22,5	—	—	725	$\frac{327}{265}$	165	0,45

Продолжение табл. 1

Обмотка статора									z_2
B	z_1	$d_{гол}$	S	род обмотки	y	a	соединение фаз	$G_м$	
7 800	36	2,02 2×1,56 2,2	17 15 19	Однослойная шаблонная	1—8 1—10	2 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	6,5 6,67 6,6	46
8 700	48	2×1,62 2×1,81 2×1,56	12 10 13		1—10 1—12	2 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	7,5 8,1 7,82	46
8 650	48	1,88 2×2,1 1,81	19 8 21		1—10 1—12	4 1 2	Δ/Δ Δ/Δ Δ	8,8 9,55 9,3	46
7 000	36	2×1,35 1,45 1,25	18 31 41		1—6	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	4,45 4,43 4,35	46
7 550	36	2×1,56 1,68 1,45	14 25 33		1—6	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	5,15 5,33 5,25	46
8 050	36	2×1,68 1,81 1,56	14 25 33		1—6	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	5,7 5,85 5,75	46
7 960	36	2×1,95 2×1,45 1,81	12 20 26		1—6	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	7,1 6,67 6,75	46
8 750	36	2×1,56 2×1,68 2,1	21 18 24		1—6	2 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	8,5 8,5 8,7	46
8 700	36	2×1,81 1,95 2×1,68	17 29 19		1—6	2 2 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	10 10 9,75	46
6 850	48	2×1,56 1,68 1,45	16 28 37		1—6	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	7,3 7,45 7,28	60
6 900	48	2×1,81 1,95 1,68	13 22 29		1—6	1 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	8,7 8,56 8,42	60
6 900	48	2×1,95 1,45 1,81	11 38 25		1—6	1 2 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	8,75 8,35 8,55	72
7 000	48	2×1,56 2×1,68 2×1,45	17 15 20		1—6	2 1 1	Δ/Δ Δ/Δ Δ	9,9 9,85 9,75	72

Выемка старых обмоток, особенно в тех случаях, когда обмоточная медь должна быть использована вновь, является трудоемкой операцией. У машин с двухслойными и однослойными обмотками для облегчения выемки следует применять прожигание изоляции методом короткого замыкания.

При стержневой обмотке для выемки стержней рекомендуется после распайки обмотки и снятия бандажей выпрямлять при помощи ключей с одной стороны машины стержни верхнего слоя обмотки. Стержни нумеруют в соответствии с нумерацией пазов, после чего стержни осторожно вынимают. Затем выпрямляют подобным же образом, но с другой стороны машины стержни нижнего ряда, которые также нумеруют по пазам и вынимают.

После разборки узлы и детали машины промывают горячей водой с примесью щелочи; через воду пропускают сжатый воздух, что, вызывая бурление воды, ускоряет смывание грязи.

После промывки и сушки части, требующие ремонта, направляются для электрического или механического ремонта. Части, не требующие ремонта, поступают в комплектовочное отделение ремонтной мастерской, где части каждой машины хранятся отдельно на специальных стеллажах в ящиках-кассетах.

2. ПРОВЕРКА ОБМОТОЧНЫХ ДАННЫХ

При ремонте электрических машин их основные заводские паспортные данные — мощность, напряжение, скорость вращения — обычно не меняются. Поэтому полный расчет машин не требуется. Однако для всех машин необходима проверка обмоточных данных по таблицам (см. табл. 1) и, кроме того, упрощенный проверочный расчет обмоток.

Применять при перемотке обмоточные данные, записанные при ревизии и разборке машины, без проверки этих данных недопустимо.

Для проверки обмоточных данных мастерская должна иметь специальный альбом таблиц обмоточных данных для всех типов машин, которые поступают в мастерскую для ремонта.

Обмоточные данные некоторых наиболее распространенных типов электродвигателей приведены в табл. 1.

Независимо от проверки обмоточных данных по таблицам производится упрощенный проверочный расчет обмотки по следующим приближенным формулам:

$$B = \frac{2{,}3 a U_{\text{ф}} p \cdot 10^6}{z_1 D_{\text{р}} L S_{\text{п}} \beta}; \tag{1}$$

$$B_{\text{сп}} = K' \frac{0{,}55 B D_{\text{р}}}{ph}; \tag{2}$$

$$B_{\text{з}} = K' \frac{3{,}4 B D_{\text{р}}}{t_{\text{мин}} z_1}; \tag{3}$$

$$AS = \frac{0{,}35 I_a S_{\text{п}} z_1}{D_{\text{р}}}; \tag{4}$$

$$\Delta = \frac{I_{\text{а}}}{q_{\text{а}}}; \tag{5}$$

$$K_{\text{зап}} = \frac{S_{\text{п}} q_{\text{а}}}{Q}, \tag{6}$$

где B — индукция в зазоре (максимальная) в *гс*;
$B_{сп}$ — индукция в спинке стали статора (средняя) в *гс*;
$B_з$ — индукция в зубце (максимальная) в *гс*;

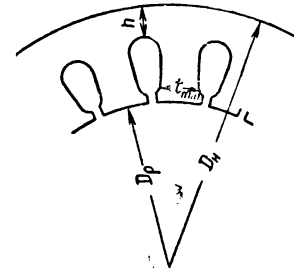


Рис. 1. Активная сталь статора (поперечный разрез)

$D_р$ — диаметр расточки (внутренний диаметр пакета); $D_н$ — наружный диаметр пакета; h — высота тела статора; t_{min} — минимальная ширина зубца

$U_ф$ — фазовое напряжение в *в*;
p — число пар полюсов;
z_1 — число пазов в статоре;
$D_р$ — диаметр расточки в *см*;
L — длина пакета стали статора в *см*;
$S_п$ — число активных проводников в пазу;
β — обмоточный коэффициент, определяемый для наиболее частых случаев при двухслойной обмотке с укороченным шагом по табл. 2; для однослойной обмотки можно принять $\beta=0{,}96$;
h — высота тела статора (рис. 1) в *см*;
$t_{мин}$ — ширина зубца в самом узком месте в *см*;
AS — линейная плотность тока в *а/см*;
I_a — ток в одной параллельной ветви обмотки статора в *а*;
Δ — плотность тока в обмотке статора в *а/мм²*;
q_a — сечение проводов одной ветви обмотки статора в *мм²*;
$K_{зап}$ — коэффициент заполнения паза;
Q — площадь сечения паза в *мм²*;
a — число параллельных ветвей в обмотке;
K' — отношение длины пакета стали статора к его активной длине. Если радиальных вентиляционных каналов нет, то $K'=1{,}05$.

Таблица 2

Значения обмоточного коэффициента β

Число пазов на полюс и фазу	Укорочение шага	β (обмотка двухслойная)	Число пазов на полюс и фазу	Укорочение шага	β (обмотка двухслойная)
2	5/6	0,93	4	10/12	0,93
				9/12	0,89
3	8/9	0,95	5	13/15	0,94
	7/9	0,9		12/15	0,91

Величина $K_{зап}$ зависит от размера (диаметра) обмоточного провода и от толщины изоляции паза и витковой изоляции. В табл. 3 приведены значения $K_{зап}$ для обычно применяемых круглых проводов марок ПБД, ПЭЛБО и ПЭВ-2 и для двух исполнений изоляции паза: из электрокартона и лакоткани (рис. 2, *а*) и из пленкоэлектрокартона (рис. 2, *б*).

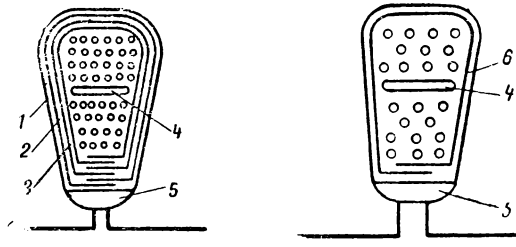


Рис. 2. Изоляция паза для машин до 500 *в*

1 — электрокартон; *2* — лакоткань; *3* — электрокартон или кабельная бумага; *4* — электрокартон; *5* — клин буковый пропитанный; *6* — пленкоэлектрокартон

Таблица 3

Значение коэффициента заполнения паза $K_{зап}$

Диаметр голого провода в *мм*	Исполнение изоляции паза					
	по рис. 2, *а*			по рис. 2, *б*		
	ПБД	ПЭЛБО	ПЭВ-2	ПБД	ПЭЛБО	ПЭВ-2
0,51	0,21	0,25	0,34	0,23	0,28	0,37
0,59	0,25	0,26	0,35	0,27	0,29	0,38
0,69	0,26	0,28	0,35	0,29	0,31	0,39
0,8	0,27	0,3	0,36	0,3	0,33	0,39
0,9	0,28	0,3	0,36	0,31	0,33	0,4
1	0,27	0,3	0,36	0,3	0,33	0,39
1,2	0,29	0,32	0,37	0,32	0,35	0,41
1,35	0,3	0,33	0,38	0,33	0,36	0,42
1,5	0,31	0,34	0,38	0,33	0,37	0,42
1,81	0,33	0,35	0,39	0,36	0,38	0,43
2,02	0,32	0,36	0,4	0,37	0,4	0,44

Обмоточные данные можно считать удовлетворительными, если значения, найденные по формулам (1)—(6), будут в пределах величин, указанных в табл. 4.

Таблица 4

Значения параметров для расчета обмотки

Определяемая величина	Значение	Примечания
B	5 500—7 500	Меньшие значения для меньших мощностей
$B_{сп}$	13 000—17 000	
$B_з$	14 000—20 000	
Δ	3—7	Меньшие значения для больших сечений проводов
AS	150—400	Меньшие значения для меньших мощностей
ΔAS	1 000—1 800	Меньшие значения для закрытых двигателей, большие—для хорошо вентилируемых

3. ИЗМЕНЕНИЕ ОБМОТОЧНЫХ ДАННЫХ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ НОМИНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАШИН

При изменении номинального напряжения машины $U_{ф1}$ на другое $U_{ф2}$ необходимо изменить число активных проводников в пазу и сечение проводов так, чтобы

$$\frac{s_{n_1}}{s_{n_2}} = \frac{q_2}{q_1} = \frac{U_{ф_1}}{U_{ф_2}}.$$

При изменении номинальной скорости вращения машины n_1 на другую n_2 необходимо изменить число полюсов в обмотке так, чтобы

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{n_2}{n_1}.$$

Следует иметь в виду, что при снижении скорости вращения ухудшается вентиляция машины, поэтому необходимо уменьшить произведение $\Delta \cdot AS$ путем снижения величины тока $I_{ном}$, а следовательно, и номинальной мощности машины.

При увеличении скорости вращения величина $B_{сп}$ может превысить предельное ее значение. Если при подсчете по формулам (1) и (2) эта величина окажется выше значений, допустимых по табл. 4, следует несколько уменьшить индукцию в зазоре (величина B) путем увеличения числа активных проводников в пазу. Соответственно необходимо уменьшить сечение проводов и, следовательно, номинальный ток.

Увеличение номинальной мощности двигателя P_1 до P_2 вследствие улучшения использования площади сечения паза (при увеличе-

Таблица 5

Данные для перерасчета номинальных параметров и обмоточных данных электрических машин

Изменяемые величины	Обозначения	Соотношения изменяемых величин при значениях b								Формулы для перерасчета
		1,15	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5	
Номинальная мощность	$\frac{P_2}{P_1}$	1,1	1,14	1,18	1,21	1,25	1,28	1,32	1,35	$\frac{P_2}{P_1} = 0{,}7b + 0{,}3$
Номинальный ток	$\frac{I_2}{I_1}$	1,1	1,14	1,18	1,21	1,25	1,28	1,32	1,35	$\frac{I_2}{I_1} = 0{,}7b + 0{,}3$
Число активных проводников в пазу	$\frac{S_{n_2}}{S_{n_1}}$	0,95	0,94	0,92	0,91	0,91	0,88	0,87	0,85	$\frac{S_{n_2}}{S_{n_1}} = \frac{1}{\sqrt{0{,}7b + 0{,}3}}$
Сечение проводов (без изоляции)	$\frac{q_2}{q_1}$	1,21	1,28	1,36	1,43	1,5	1,58	1,66	1,74	$\frac{q_2}{q_1} = b\sqrt{0{,}7b + 0{,}3}$

нии $K_{зап}$ в результате применения более тонкой витковой и корпусной изоляции) возможно в отношении

$$\frac{P_2}{P_1} = 0{,}7\,b + 0{,}3,$$

где $b = \frac{K_{зап_2}}{K_{зап_1}}$ (принимается по табл. 3).

При этом необходимо произвести изменение номинальных параметров и обмоточных данных машины согласно табл. 5.

Уменьшение числа активных проводников в пазу вызывает увеличение индукции, поэтому необходимо проверить значения величин $B_{сп}$ и $B_з$ по формулам (1), (2) и (3) и по табл. 4.

4. ОБМОТОЧНЫЕ РАБОТЫ

Для обмоток трехфазных электрических машин низкого напряжения применяются провода с двойной хлопчатобумажной и шелковой изоляцией (ПБД и ПШД), а также эмалированные провода с одним слоем хлопчатобумажной или шелковой пряжи (ПЭЛБО и ПЭЛШО). Дополнительное усиление витковой изоляции обычно не требуется.

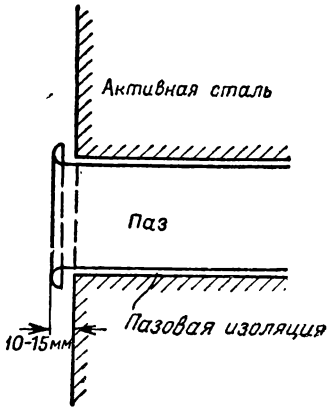


Рис. 3. Изоляция на выходе из паза статора машин напряжением до 500 *в*

Применение проводов с однослойной хлопчатобумажной или шелковой изоляцией (ПБО и ПШО), а также необмотанных эмалированных проводов (ПЭ и ПЭЛ) не допускается.

В машинах, выпускаемых в настоящее время, применены голые эмалированные провода, покрытые особо прочной пленкой — ПЭВ-2.

От выбора марки провода зависит коэффициент заполнения паза. Самый высокий $K_{зап}$ получается при проводах ПЭВ-2, затем следуют ПЭЛШО, ПЭЛБО и ПШД. Наихудший коэффициент заполнения паза получается при проводе ПБД.

Заготовка пазовой изоляции производится на специальных ножницах, снабженных установочной линейкой. В качестве пазовой изоляции для нормальных машин напряжением 220—500 *в* служит коробочка (см. рис. 2) из электрокартона и лакоткани или из пленкоэлектрокартона, торцовые концы которой должны выступать из паза на 10—15 *мм*. Торцы коробочки загибают, образуя манжету, предохраняющую витки секций от механических повреждений об острые края пазов (рис. 3).

Верхние края коробочки должны перекрывать друг друга так, чтобы после заполнения паза между обмоткой и клином образовался двойной слой изоляции (см. рис. 2).

В табл. 6 приведены толщина и число слоев нормальной изоляции паза.

Для машин напряжением менее 127 *в* (кроме машин специального назначения или работающих в среде с повышенной влажностью) пазовая изоляция может изготовляться из одного электрокартона толщиной 0,2—0,3 *мм*.

Таблица 6

Толщина и число слоев нормальной изоляции паза

Исполнение по рис. 2,*а*					Исполнение по рис. 2,*б*				
Наименование материала	Толщина в *мм*	Число слоев	Двусторонняя толщина в *мм*		Наименование материала	Толщина в *мм*	Число слоев	Двусторонняя толщина в *мм*	
			по ширине	по высоте				по ширине	по высоте
Электрокартон (выкладка паза)	0,2	1	0,4	0,6	Планкоэлектрокартон (выкладка паза)	0,3—0,35	1	0,7	1,05
Лакоткань	0,2	1	0,4	0,6					
Электрокартон или кабельная бумага	0,1	1	0,2	0,3	Электрокартон—прокладка в пазу (при двухслойной изоляции)	0,3	1	—	0,3
Электрокартон—прокладка в пазу (при двухслойной обмотке)	0,3	1	—	0,3					

В лобовой части обмотки между катушечными группами необходимо проложить изоляционные прокладки, согласно данным табл. 7.

Таблица 7

Материалы и толщина прокладок в лобовой части обмотки

Мощность двигателя в *квт*	Число полюсов $2p$	Материал прокладки			
		электрокартон		лакоткань	
		число слоев	толщина в *мм*	число слоев	толщина в *мм*
До 10	$2p = 2$ $2p > 2$	1 1	0,1 0,2	1	0,2
От 10 до 50	Любое	1	0,2	1	0,2
Более 50	То же	1	0,4	1	0,2

Форма прокладок не должна препятствовать свободному обдуву лобовых частей охлаждающим воздухом.

Заготовку секций обмотки статора следует производить на универсальных раздвижных шаблонах; одна из конструкций шаблона

изображена на рис. 4. При помощи этого шаблона получают мягкие секции овальной формы, которые после укладки в пазы приобретают нужную форму.

При изготовлении секций необходимо следить, чтобы вылет лобовых частей не был чрезмерно велик, так как это приводит к повреждению обмоток при надевании крышек. Между лобовыми частями обмотки и крышкой должен быть зазор не менее 10 *мм*.

Укладка обмотки обычно производится вручную: у машин с полузакрытым пазом — через прорезь (шлиц) в верхней части паза, у машин с закрытым пазом — путем протяжки провода.

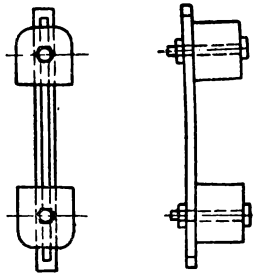


Рис. 4. Раздвижной шаблон

Не допускается производить распиловку шлица для облегчения укладки обмотки, так как это резко снижает параметры машины. Провода должны укладываться аккуратно и строго параллельно друг другу. При перекрещивании проводов в пазу укладка последних витков потребует значительных усилий, и витковая изоляция в местах скрещивания будет продавлена, что неизбежно вызовет витковое замыкание.

После укладки всех витков паз должен быть заклинен пропитанным деревянным клином, имеющим в разрезе форму полукруга. Клин изготовляют из просушенной древесины твердых пород (бук, береза). Он не является пазовой изоляцией и потому должен укладываться поверх пазовой коробочки из электрокартона.

Соединение схемы производится по расчетной записке. Для пайки применяют припой ПОС-30 и ПОС-40. Круглые провода диаметром от 0,8 *мм* соединяют также электросваркой. Лобовые части обмотки стягивают хлопчатобумажной лентой. Между катушками разных фаз укладывают прокладки из электрокартона толщиной 0,8—1 *мм* и из лакоткани.

Выполнение протяжных обмоток при закрытом пазе требует наличия свободной площадки вокруг рабочего места. Выполняют работу два человека, находясь по обе стороны машины.

При выполнении протяжных обмоток рекомендуется соблюдать следующие условия:

1) длина заготовки провода должна быть заранее подсчитана по суммарной длине всех витков одной катушки;

2) провод должен быть подготовлен к протяжке путем пропитки в лаковой ванне, а перед самой протяжкой покрыт тонким слоем парафина;

3) перед протяжкой провода в паз следует уложить медные шпильки, соответствующие числу и диаметру проводов в пазу;

4) протяжку следует вести, начиная с нижней части паза, вынимая одну шпильку и вставляя вместо нее конец провода;

5) в торцовой части машины для придания лобовым частям нужной формы необходимо поместить деревянные шаблоны;

6) перед протяжкой провода следует установить специальные прокладки из электрокартона для изоляции лобовых частей обмотки от

торцовой поверхности машин; поверхность роторного обмоткодержателя также должна быть хорошо изолирована путем наклейки лакоткани.

При ремонте стержневых обмоток стержни в пазовой части рекомендуется изолировать наложением обкатной гильзы из бакелитовой бумаги или микафолия. После обкатки гильзу запрессовывают так, чтобы она была плотной и ровной. В лобовой части стержни изолируются хлопчатобумажной лентой.

Перед укладкой в паз стержни следует покрыть тонким слоем парафина, затем вставить с одной стороны нижний ряд стержней с соблюдением их нумерации по пазам и загнуть с другой стороны при помощи специального ключа. Правильность загибания нужно все время проверять вкладыванием верхнего стержня.

Когда все стержни нижнего ряда загнуты, устанавливают изоляционные подкладки и накладывают временный бандаж из стальной проволоки. Затем с другой стороны вкладывают верхний ряд стержней (также соблюдая их нумерацию по пазам), снимают временный бандаж с нижнего ряда стержней, устанавливают изоляционные прокладки между слоями, изгибают другие концы стержней и накладывают временные бандажи из стальной ленты с замком и приспособлением для подтяжки.

После сушки при температуре 105—110° обмотка в горячем состоянии должна быть подтянута при помощи временного бандажа, а после остывания — укреплена путем расклинивания и наложения постоянного проволочного бандажа.

Перед пайкой должна быть проверена изоляция всех стержней. К пайке соединений можно приступать только при удовлетворительном состоянии изоляции. Концы стержней должны быть соединены специальными хомутиками и закреплены медными клинышками. Для пайки стержней следует применять твердые меднофосфористые припои.

Припои, применяемые при ремонте электрических машин, должны отвечать следующим основным требованиям: хорошее смачивание металла припоем, текучесть припоя, его механическая прочность и электропроводность. Этим требованиям удовлетворяют оловянистые припои ПОС-50, ПОС-40 и ПОС-30, которые применяются для большинства работ при ремонте электрических машин. Для менее ответственных операций должны применяться малооловянистые припои ПОС-18 и ПОС-4-6 (по ГОСТ 1499-54).

В особо ответственных случаях применяют серебряные припои (ОСТ 2982) с относительно высокой температурой плавления (около 800°), высокой механической прочностью, низким омическим сопротивлением и небольшой теплоемкостью.

К группе твердых припоев относится фосфорномедный припой (7% фосфора), применяемый в виде тонких (0,2—0,3 *мм*) пластинок. Этот припой несколько уступает серебряному, обладая большим омическим сопротивлением и температурой плавления около 750°.

Вместо высокооловянистых припоев могут применяться припои с небольшим содержанием серебра в составе (в %): а) меди 80, серебра 15, фосфора 5 или б) олова 20, свинца 78,5, серебра 1,5.

Для пайки алюминия применяется припой следующего состава (в %): олова 63, цинка 33, алюминия 4. Этот припой приготовляется в виде прутков длиной 150—200 *мм* и диаметром 6—8 *мм* и имеет температуру плавления 380°.

Флюсом для оловянистых припоев служит канифоль (кислоты не должны применяться, так как они вызывают коррозию); для твердых припоев применяется бура.

5. ПРОПИТКА И СУШКА ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК

Для пропитки изоляции обмоток статоров и роторов электрических машин применяются асфальтовые лаки № 458, 318, 447 и 460, образующие после продолжительной печной сушки эластичную, кислотоупорную, влагостойкую и относительно щелочностойкую (но не маслостойкую) пленку.

Кроме того, применяются светлые масляные лаки № 320 и 321, дающие более эластичную и маслостойкую пленку. Однако эти лаки значительно увеличивают толщину изоляции.

Пропиточные лаки должны обладать нормальной вязкостью, определяемой по воронке НИЛК или в градусах условной вязкости.

Объем лака и разбавителя определяется при помощи тарированной рейки.

Данные применяемых лаков и разбавителей приведены в табл. 8 и 9.

Таблица 8

Лаки и разбавители для пропитки обмоток электрических машин

№ лаков	Состав разбавителя	Необходимая вязкость лаков		
		по воронке НИЛК при 20° в сек.	в град. условной вязкости	
			при 20°	при 50°
318 458 447	Смесь: 50 % уайт-спирита и 50% толуола или 70% бензина 1-го сорта и 30% бензола	4,5—6	6,5—12	2,5—3,5
460	Смесь: 40% бензина и 60% бензола или 40% уайт-спирита и 60% толуола или ксилола	4,5—7	6,5—14,5	2,5—4
320	Бензин 1-го сорта	4—5	4,5—9	2—3
321	То же	4,5—6	6,5—12	2,5—3,5

Пропитка изоляции обмоток состоит из следующих трех операций.

а) Предварительная сушка для удаления из изоляции обмоток влаги производится при температуре 105—110° в течение 5—8 час. (в зависимости от мощности машины), для чего обмотанный статор или ротор машины помещают в сушильную камеру с паровым или электрическим нагревом.

б) Пропитка высушенного статора или ротора после выемки их из печи выполняется погружением на 20—60 мин. в подогретый лак. Температура обмоток при этом должна быть 60—65°.

Таблица 9

Удельные веса лаков и разбавителей

№ лака	Лаки	Разбавители	
	удельный вес при 20°	наименование	удельный вес при 20°
458	0,85	Уайт-спирит	0,79
447	0,85	Толуол	0,86
460	0,85	Ксилол	0,86
318	0,86	Бензин 1 сорта	0,72
320	0,83	Бензол	0,87
321	0,83	—	—

По прекращении выделения из обмоток пузырьков воздуха статор или ротор на 20—40 мин. подвешивается над пропиточным баком для удаления избытка лака.

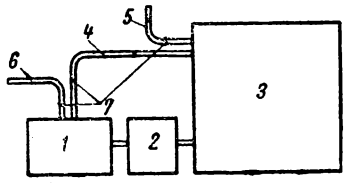


Рис. 5. Схема сушильной камеры с электронагревом

1 — вентилятор; *2* —электронагреватели; *3* — сушильная камера; *4* — воздуховод для оборота воздуха; *5* — воздуховод для выпуска воздуха; *6*—воздуховод для засоса свежего воздуха; *7* — задвижки

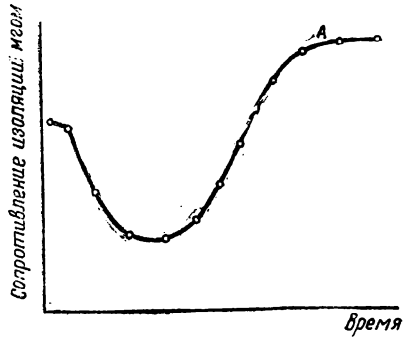


Рис. 6. Типичная кривая изменения сопротивления изоляции в процессе сушки

в) После пропитки обмоток статоры или роторы помещаются в сушильную камеру с паровым или электрическим нагревом для сушки. В последнем случае электрические нагреватели размещаются вне сушильной камеры (рис. 5). В камере должна быть создана принудительная циркуляция воздуха с выпуском его в атмосферу.

Во время сушки в камере должна поддерживаться температура 115—120°. Продолжительность сушки (10—18 час.) зависит от сорта лака и габаритов машины.

Для контроля за ходом сушки необходимо периодически замерять сопротивление изоляции обмоток и строить кривую зависимости изменения величины сопротивления изоляции от времени (рис. 6).

Обмотку можно считать высушенной, когда достигнута пологая часть кривой (точка *A*) и повышение сопротивления изоляции практически прекратилось.

Все указанные в табл. 8 пропиточные лаки и разбавители выделяют горючие и токсичные (вредные для здоровья) газы, поэтому поме-

щение, в котором производят пропитку и сушку обмоток, должно быть безопасно в пожарном отношении и оборудовано специальной вентиляцией.

В последнее время для пропитки обмоток выпускаются также масляные водоэмульсионные лаки № 321-в (на льняном масле) и № 321-т (на тунговом масле). Эти лаки не требуют разбавителей, а смешиваются с водой в специальных мешалках (эмульсаторах); они не токсичны, совершенно безопасны в пожарном отношении и не требуют специального оборудования помещения.

В случае применения водоэмульсионного лака сушка обмоток перед пропиткой не требуется. Пропитка производится, как обычно, погружением в лак. Сушка после пропитки должна производиться при температуре не менее 120° в течение 8—15 час. в зависимости от габаритов электрической машины.

6. РЕМОНТ АЛЮМИНИЕВЫХ БЕЛИЧЬИХ КЛЕТОК РОТОРОВ

При наличии трещины в короткозамыкающем кольце необходимо подрубить поврежденное место с расширением к основанию (форма ласточкина хвоста), очистить дефектное место от грязи и нагреть паяльной лампой до 400—450°.

При этой температуре пайка производится простым прикосновением прутка припоя для пайки алюминия (см. выше п. 4) с последующим снятием стальной гладилкой излишков припоя и наплывов.

Во время пайки ротор должен быть расположен так, чтобы поврежденное место находилось в горизонтальной плоскости.

При наличии большого количества трещин или при наличии пустот в пазах и обрывов стержней ротор подлежит переливке.

Для выплавки алюминия ротор должен быть помещен в печь с температурой 700—750° на наклонную решетку с желобковым днищем для стока расплавленного алюминия в металлосборник. Выплавленный алюминий непригоден для заливки ротора, так как он содержит большое количество железа, что резко ухудшает пластические свойства сплава.

Заливку следует производить сплавом из 97—98% первичного алюминия и 2—3% марганца (содержание марганца сверх 3% ухудшает качество сплава).

Заливку следует производить центробежным методом или (в случае отсутствия оборудования) вибрационным. При этом ротор помещается на консольно укрепленную платформу, которая приводится в колебательное движение небольшим электродвигателем, установленным на свободном конце консоли, с дебалансом на валу. Для двигателя необходим защитный кожух.

Перед заливкой ротор нагревается в печи до 450—500°, а заливаемый сплав — до 750—800° (при перегреве выше 850° сплав для заливки непригоден).

7. МЕХАНИЧЕСКИЙ РЕМОНТ

Трещины в подшипниковых щитках устраняются сваркой. Однако когда трещина захватывает место посадки подшипника, сварка вызывает перекос щитка. В этих случаях подшипниковые щитки должны заменяться новыми, и мастерская должна иметь модели для отливок.

Таблица 10

Данные для замены подшипников

Заменяемый подшипник				№ заменяющего подшипника	Несовпадающие размеры			Требуется дополнительно установить
№ подшипника	внутренний диаметр	наружный диаметр	ширина		внутренний диаметр	наружный диаметр	ширина	
	в *мм*				в *мм*			
202	15	35	11	1202	—	—	—	—
203	17	40	12	1203	—	—	—	—
204	20	47	14	1204	—	—	—	—
205	25	52	15	1205	—	—	—	—
206	30	62	16	1206,2206	—	—	—	—
207	35	72	17	1207,2207	—	—	—	—
208	40	80	18	1208,2208	—	—	—	—
209	45	85	19	1209,2209	—	—	—	—
210	50	90	40	1210,2210	—	—	—	—
303	17	47	14	1303	—	—	—	—
				(204)	20	—	—	ВВ
304	20	52	15	1304	—	—	—	—
				(204)	—	47	14	НВ и УК
				(205); (1205)	25	—	—	ВВ
305	25	62	17	1305	—	—	—	—
				(206); (1206)	—	—	—	—
				(2206)	30	—	16	ВВ и УК
306	30	72	19	1306	—	—	—	—
				(207); (1207)	—	—	—	—
				(2207)	35	—	17	ВВ и УК
307	35	80	21	1307; 2307	—	—	—	—
				(207); (1207)	—	72	17	НВ и УК
				(208); (1208)	—	—	—	—
				(2208)	40	—	18	ВВ и УК
308	40	90	23	1308; 2308	—	—	—	—
				(208); (1208)	—	80	18	НВ и УК
				(210); (1210)	—	—	—	—
				(2210)	50	—	20	ВВ и УК
309	45	100	25	1309; 2309	—	—	—	—
				32309	—	—	—	—
				(209); (1209)	—	85	19	НВ и УК
				(211); (1211)	—	—	—	—
				(2211)	55	—	21	ВВ и УК
310	50	110	27	1310; 2310	—	—	—	—
				32310	—	—	—	—
				(212); (1212)	60	—	22	ВВ и УК
311	55	120	29	1311; 2311	—	—	—	—
				(213)	65	—	23	ВВ и УК
312	60	130	31	1312; 2312	—	—	—	—
				(215)	75	—	25	ВВ и УК
314	70	150	35	1314; 2314	—	—	—	—
				(217)	85	—	28	ВВ и УК

Продолжение табл. 10

Заменяемый подшипник				№ заменяющего подшипника	Несовпадающие размеры			Требуется дополнительно установить
№ подшипника	внутренний диаметр	наружный диаметр	ширина		внутренний диаметр	наружный диаметр	ширина	
	в *мм*				в *мм*			
315	75	160	37	1315; 2315	—	—	—	—
				(218); (1218)	90	—	30	ВВ и УК
408	40	110	27	1408	—	—	—	—
				(212); (1212)	60	—	22	ВВ и УК
				(310); (1310)	—	—	—	—
				(2310); (32310)	50	—	—	ВВ
409	45	120	29	1409	—	—	—	—
				(311); (1311)	—	—	—	—
				(2311)	55	—	—	ВВ
				(1213)	65	—	—	ВВ
411	55	140	23	2411	—	—	—	—
				(313); (2313)	65	—	—	ВВ
413	65	160	37	2413; 32413	—	—	—	—
				(315); (1315)	—	—	—	—
				(2315)	75	—	—	—

Примечания. 1. Прочерки означают, что размеры заменяющих подшипников совпадают с размерами заменяемых.

2. Если диаметры заменяющих подшипников отличаются от диаметров заменяемых, устанавливают внутренние втулки (ВВ) или наружные (НВ). Если ширина заменяющих подшипников меньше ширины заменяемых, устанавливают упорные кольца (рис. 7).

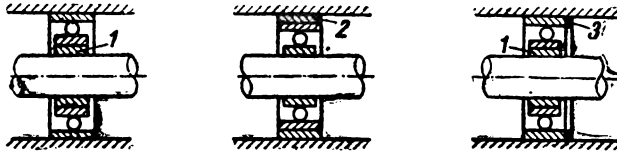


Рис. 7. Дополнительные детали, применяемые при замене подшипников качения

1 — внутренняя втулка (ВВ); *2* — наружная втулка (НВ); *3* — упорное кольцо (УК)

При замене подшипника качения необходимо плотно посадить его на вал с предварительным подогревом подшипника в масляной ванне до 60—80°.

Посадка внешней обоймы в подшипниковом щитке должна допускать при приложении усилия незначительное провертывание и осевое смещение при удлинении вала вследствие его нагрева. Чрезмерное зажатие внешней обоймы приводит к заклиниванию тел вращения, потере телами качения цилиндрической формы и преждевременному износу подшипника.

В случае отсутствия нужного подшипника возможна его замена

другим, согласно табл. 10, где в скобках указаны номера подшипников, замена которыми не рекомендуется и возможна лишь в крайних случаях, так как некоторые размеры этих подшипников не совпадают с соответствующими размерами заменяемых, что вызывает дополнительную работу (примечание 2 к табл. 10).

Если наружный диаметр заменяющего подшипника меньше наружного диаметра заменяемого, в гнездо подшипникового щитка запрессовывается наружная втулка (НВ).

Если внутренний диаметр заменяющего подшипника больше внутреннего диаметра заменяемого, на шейку вала напрессовывается внутренняя втулка (ВВ).

Если ширина заменяющего подшипника меньше ширины заменяемого, то для ограничения осевого перемещения устанавливается упорное кольцо (УК).

При выполнении этих работ необходимо соблюдать следующие требования.

Втулка НВ должна иметь внутренний диаметр, соответствующий наружному диаметру заменяющего подшипника и обеспечивающий необходимую посадку при его установке; ширина втулки должна равняться ширине наружного кольца заменяемого подшипника.

Втулка ВВ должна иметь наружный диаметр, соответствующий внутреннему диаметру заменяющего подшипника и обеспечивающий необходимую плотность посадки. Ширина этой втулки должна равняться ширине внутреннего кольца заменяемого подшипника.

Упорное кольцо УК должно иметь толщину, равную разности между шириной заменяемого и шириной заменяющего подшипников.

Камера подшипника качения на половину ее объема должна быть заполнена соответствующей консистентной смазкой. Недостаточное количество смазки приводит к перегреву подшипника. Чрезмерно большое количество смазки увеличивает трение и нагрев смазки, что вызовет ее разжижение и вытекание.

Увеличение диаметра шейки вала в случае необходимости следует производить с применением металлизационного пистолета или методом электроэрозии с применением аппарата ленинградского завода «КИНАП».

При ремонте машин со скользящими подшипниками можно допускать проточку шейки вала не более чем на 5—6% от заводского диаметра.

Овальность шейки вала допускается не более 0,2% от диаметра и конусность — не более 0,3% от диаметра.

Максимальные зазоры между валом и вкладышем подшипника приводятся в табл. 11.

Таблица 11

Максимальные зазоры между валом и вкладышем подшипников (в *мм*)

Диаметр шейки вала в *мм*	Скорость вращения двигателя в об/мин		
	менее 1 000	1 000—1 500	3 000
18—30	0,040—0,093	0,06—0,13	0,14—0,28
31—50	0,075—0,125	0,10—0,16	0,17—0,34
51—80	0,095—0,155	0,12—0,20	0,20—0,40
81—120	0,1 —0,2	0,14—0,25	0,23—0,46

Осевая игра (расход) вала ротора в обе стороны должна быть равномерной. Отсутствие или недостаточность осевой игры указывает на то, что бортик вала упирается в торец втулки подшипника, что приводит к быстрому износу баббита. Чрезмерно большая осевая игра в двигателях с фазным ротором может привести к смещению щеток с контактных колец и неравномерному их износу.

Величины осевой игры вала ротора некоторых двигателей приведены в табл. 12. При необходимости величина осевой игры регулируется перемещением втулок подшипников или путем передвижки стула выносного подшипника.

Таблица 12

Величины осевой игры вала ротора двигателей

Мощность двигателя в *квт*	Игра вала в *мм*	
	в одну сторону	в обе стороны
До 10	5	10
11—30	7,5	15
31—70	10	20
71—120	15	30

Камера подшипника скольжения должна быть залита смазочным маслом до уровня, обозначенного чертой маслоуказателя. Необходимо учитывать, что этот уровень соответствует неподвижному состоянию двигателя. При вращении двигателя часть масла увлекается смазочным кольцом, и уровень масла понижается. Доливать масло до уровня маслоуказателя во время вращения двигателя нельзя: при остановке двигателя уровень масла повысится сверх допустимого и оно будет вытекать.

Смазочные кольца должны быть медные или латунные (стальные кольца могут намагнититься и прилипнуть к валу). Кольца должны быть достаточно тяжелыми; легкие кольца слишком быстро вращаются и разбрызгивают масло.

При ремонте щеткодержателей у двигателей с фазным ротором необходимо учитывать, что, как правило, щеткодержатели в заводском исполнении не рассчитаны на работу с постоянно налегающими щетками. Для правильной работы щеток необходимо, чтобы отверстие в щеткодержателе было правильной прямоугольной формы и соответствовало величине щетки. Зазор между щеткой и обоймой не должен превышать 0,2—0,3 *мм*.

Ремонт контактных колец производится путем шлифовки, а в случае необходимости — проточкой. Допускается биение в радиальном направлении не более 0,02 *мм* и в аксиальном — не более 0,5 *мм*.

8. ОПЕРАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ И ПРИЕМНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Во время ремонта машин производятся следующие контрольные измерения и испытания.

При ревизии и разборке машины:

замеряется сопротивление изоляции обмоток между фазами и относительно корпуса;

проверяются отсутствие обрывов, виткового замыкания, величина зазора, состояние активной стали и отсутствие осевого смещения пакетов.

При обмоточных работах:

проверяются число витков в секциях, вылет обмотки, состояние изоляции между фазами и изоляции от корпуса, отсутствие виткового замыкания, схемы соединений и симметрия фаз.

При пропитке и сушке обмоток:

проверяется качество пропиточного лака и ведется контроль сушки (по журналу сушки) до и после пропитки с построением кривой изменений сопротивления изоляции.

При механических работах:

производится проверка шеек вала по диаметру, на овальность и конусность, приемка устанавливаемых подшипников, проверка зазоров в подшипниках, контактных колец на биение в радиальном и аксиальном направлениях, проверка состояния посадочных мест в подшипниковых щитах, приемка всех изготовленных деталей (щеткодержателей, фланцев, крепежа и др.).

При сборке машины:

проверяются равномерность зазоров, отсутствие перекоса, правильность смазки, величина осевого расхода, комплектность (крепежные детали, рымы, фланцы, вентиляторы, выводные клеммы и др.).

Приемные испытания отремонтированных машин выполняются по следующей программе:

1) Замеряются величина и симметрия токов холостого хода при номинальном напряжении. Ток холостого хода должен быть в пределах 30—60% номинального тока (в зависимости от типа, мощности и скорости вращения машины), а неравномерность по фазам — не более ±5% от средней величины.

2) Определяется величина скольжения при холостом ходе и нормальной частоте тока (скольжение не должно превышать 2%).

3) Замеряется сопротивление изоляции обмоток (величина сопротивления изоляции обмоток не нормируется). Для машин напряжением до 380 *в* величину сопротивления изоляции обмоток следует принимать не ниже 0,5 *мгом*.

4) Измерение сопротивления обмоток постоянному току обязательно для электродвигателей напряжением выше 1 000 *в* или мощностью 40 *квт* и выше; полученная величина не должна отличаться от заводских данных более чем на 2%.

5) Испытывается электрическая прочность изоляции обмоток статора повышенным напряжением переменного тока в течение 1 мин. Для двигателей 380 *в* испытательное напряжение равно 1 000 *в*.

6) Замеряется температура нагрева подшипников; она не должна быть выше температуры окружающей среды: при холостом ходе машины на 20°, при номинальной нагрузке на 45° для подшипников скольжения и на 60° для подшипников качения. Предельно допустимая температура нагрева подшипников скольжения 80°, подшипников качения 95°.

7) Замеряется напряжение на кольцах ротора (для фазных роторов).

8) Если при ремонте машины изменены ее параметры с повышением магнитных или электрических нагрузок, машина испытывается на нагрев.

На рис. 8 показана схема щита для испытания машин.

Сопротивление изоляции двигателей напряжением до 500 *в* замеряется обычно мегомметром на 1 000 *в*.

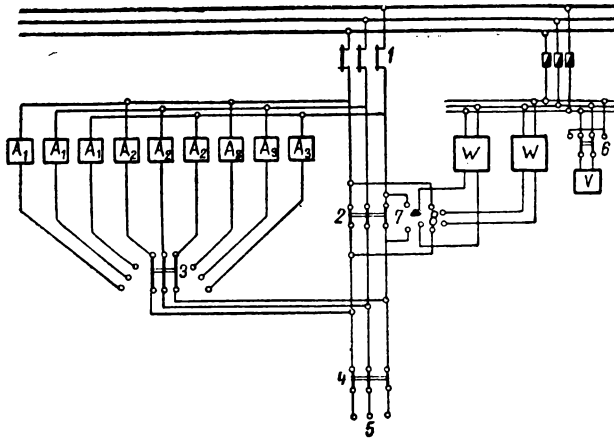


Рис. 8. Схема щита для испытания отремонтированных двигателей

1 — фидерные предохранители; *2* — короткозамыкающий рубильник; *3* — переключатель амперметров; *4* — трехполюсный рубильник; *5* — клеммы для подключения испытуемого двигателя; *6* — вольтметровый переключатель; *7* и *8* — клеммы для включения трансформаторов тока; A_1—амперметры до 150 *а*; A_2—амперметры до 50 *а*; A_3 — амперметры до 10 *а*

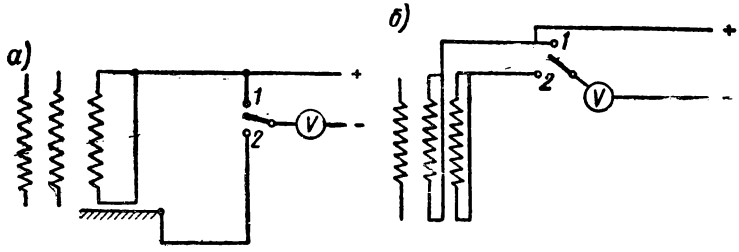


Рис. 9. Схемы замера сопротивления изоляции с применением вольтметра

а — относительно корпуса; *б* — между фазами; *V* — вольтметр магнитоэлектрической системы

Если мегомметра нет, можно применить вольтметр с питанием его от аккумуляторной батареи. Принципиальная схема замера вольтметром сопротивления изоляции фазы обмотки статора относительно корпуса показана на рис. 9,*а* и схема замера между фазами обмотки — на рис. 9,*б*.

Величина сопротивления изоляции при измерении вольтметра определяется по формуле

$$R = R_в\left(\frac{V_1}{V_2} - 1\right),$$

где R — искомое сопротивление изоляции в *ом*;

$R_в$ — сопротивление вольтметра, обозначенное на его шкале или в его паспорте, в *ом*;

V_1 — показание вольтметра при переключателе в положении 1;

V_2 — то же, при переключателе в положении 2.

Проверка стержней беличьей клетки на отсутствие обрыва затруднено тем, что сопротивление каждого стержня мало и все стержни закорочены кольцами. Большинство предложенных для этой цели приборов имеют сложные схему и конструкцию.

Относительно простой прибор для проверки стержней ротора[1] изображен на рис. 10. Он состоит из понижающего трансформатора 220/6 *в 1*, амперметра *2* и трансформатора с разомкнутым магнитопроводом *3*. Магнитопровод прикладывается к испытываемому ротору так, что магнитный поток замыкается через пакет ротора, а каждый из стержней (поочередно) служит вторичной обмоткой. Если стержень исправен, в первичной обмотке трансформатора *3* протекает ток короткого замыкания.

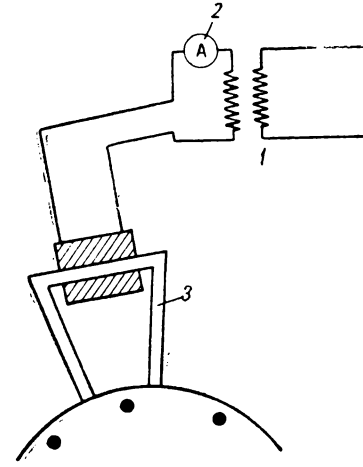


Рис. 10. Схема прибора для проверки стержней ротора

Если имеется обрыв, в первичной обмотке протекает значительно меньший ток (холостого хода).

Для изготовления прибора для проверки стержней роторов двигателей мощностью до 20 *квт* применяются:

а) в качестве понижающего трансформатора обычный котельный трансформатор мощностью 250 *ва*, перемотанный на 220/6 *в*;

б) амперметр на номинальный ток 20 *а*;

в) трансформатор с разомкнутым магнитопроводом; сечение магнитопровода 10—12 *см*^{2}; первичная обмотка должна иметь 40 витков провода ПБД, ПЭЛБО или ПЭВ-2 диаметром 2,1 *мм*. Для двигателей большего габарита мощность трансформатора, номинальный ток амперметра и сечение проводов должны быть соответственно увеличены.

Измерение омического сопротивления обмоток (постоянному току) обычно производят с помощью измерительного моста. Если моста нет, применяют метод амперметра и вольтмет-

[1] Предложение т. Громова (Ярославская кордная фабрика).

ра (рис. 11,*а* и *б*). По схеме рис 11,*а* величина измеряемого сопротивления

$$R = \frac{V}{I - \frac{V}{R_в}};$$

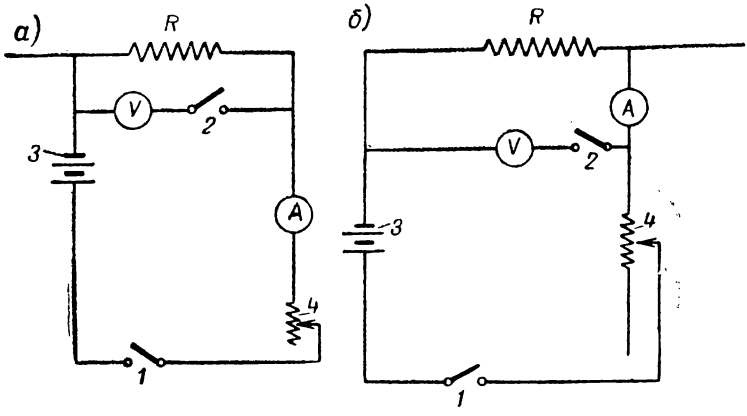


Рис. 11. Схемы для замера активного сопротивления с применением амперметра и вольтметра

а — для измерения малых сопротивлений; *б* — для измерения больших сопротивлений; *А* — амперметры магнитоэлектрической системы; V — вольтметры магнитоэлектрической системы; *R*—измеряемые сопротивления; *1* и *2* —рубильники; *3* — аккумуляторная батарея; *4* — реостат для регулирования величины тока

по схеме рис. 11, *б*

$$R = \frac{V}{I} - R_а,$$

где R — измеряемое сопротивление в *ом;*
V — показание вольтметра в *в*;
I — показание амперметра в *а*;
$R_в$ — сопротивление вольтметра в *ом*;
$R_а$ — сопротивление амперметра в *ом.*

Если сопротивления $R_в$ и $R_а$ неизвестны, при измерении малых сопротивлений следует применять схему рис. 11, *а*, при измерении больших сопротивлений — схему рис. 11, *б* и пользоваться упрощенной формулой:

$$R = \frac{V}{I}.$$

Во избежание повреждения приборов необходимо сначала включить рубильник *1*, а затем рубильник *2*. По окончании измерения сначала выключить рубильник *2*, а затем рубильник *1*.

Если обмотка двигателя соединена в звезду, можно определить сопротивление каждой фазы, не нарушая их соединения и измеряя сумму сопротивлений фаз попарно:

$$R_1 = r_1 + r_2;\quad R_2 = r_2 + r_3;\quad R_3 = r_3 + r_1.$$

Тогда

$$r_1 = \frac{R_1 + R_3 - R_2}{2};\quad r_2 = \frac{R_1 + R_2 - R_3}{2};\quad r_3 = \frac{R_2 + R_3 - R_1}{2}.$$

Если обмотка соединена в треугольник, также возможно определить сопротивления фаз, не нарушая соединений. Для этого измеряют сопротивление между парами выводных концов:

$$R_{\text{I}};\ R_{\text{II}} \text{ и } R_{\text{III}}.$$

В этом случае величины сопротивления отдельных фаз вычисляют по формулам:

$$r_1 = \frac{2R_{\text{II}}R_{\text{III}}}{R_{\text{II}} + R_{\text{III}} - R_{\text{I}}} - \frac{R_{\text{II}} + R_{\text{III}} - R_{\text{I}}}{2};$$

$$r_2 = \frac{2R_{\text{I}}R_{\text{III}}}{R_{\text{I}} + R_{\text{III}} - R_{\text{II}}} - \frac{R_{\text{I}} + R_{\text{III}} - R_{\text{II}}}{2};$$

$$r_3 = \frac{2R_{\text{I}}R_{\text{II}}}{R_{\text{I}} + R_{\text{II}} - R_{\text{III}}} - \frac{R_{\text{I}} + R_{\text{II}} - R_{\text{III}}}{2}.$$

Измерение температуры обмоток методом измерения сопротивления основано на том, что при нагревании или охлаждении сопротивление обмотки изменяется согласно формуле

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{235 + t_2}{235 + t_1},$$

где R_2 и R_1 — значения сопротивления при температуре t_2 и t_1. Поэтому, измерив сначала сопротивление обмотки в холодном состоянии $R_{\text{хол}}$ при температуре $t_{\text{хол}}$ (температура окружающего воздуха) и затем сопротивление обмотки в горячем состоянии $R_{\text{гор}}$, можно определить $t_{\text{гор}}$ по формуле

$$t_{\text{гор}} = \frac{R_{\text{гор}}}{R_{\text{хол}}}(t_{\text{хол}} + 235) - 235 \text{ град}.$$

Активные (омические) сопротивления замеряются только при питании постоянным током (от аккумуляторной батареи).

Для проверки правильности сопряжения фаз обмотки рекомендуется следующий способ нахождения «одноименных» выводов фаз («начал» и «концов»). Соединенные последовательно две фазы обмотки подключают к напряжению переменного тока (50—60% от номинального напряжения), а к третьей фазе — вольтметр (или лампу накаливания). Если фазы соединены разно-

именными выводами (рис. 12,*а*), вольтметр покажет индуктированное в третьей фазе напряжение, приблизительно равное подведенному от сети (или загорится лампа). Если фазы соединены одноименными выводами (рис. 12,*б*), вольтметр не даст показания (лампа не загорится). После того как определены обозначения выводов одной пары фаз, таким же путем определяют обозначение выводов третьей фазы, соединяя ее с одной из двух, проверенных ранее.

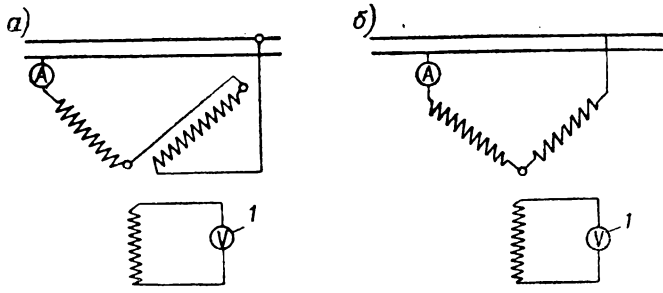


Рис. 12. Соединение двух фаз обмотки:

а — разноименными выводами; *б* — одноименными выводами; *1* — милливольтметр магнитоэлектрической системы

II. РЕМОНТ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ

Наличие повреждений в трансформаторах определяется по следующим основным признакам.

Сигнал газового реле позволяет по цвету и горючести поступившего в реле газа определить характер повреждений: черный горючий газ свидетельствует о разложении масла; желтый медленно воспламеняющийся газ — о повреждении деревянных частей; белый негорючий газ — о повреждении изоляционных деталей.

Пониженное сопротивление изоляции указывает на повреждение или загрязнение выводных изоляторов. Для выявления места повреждения следует отсоединить обмотки от изоляторов и замерить сопротивление изоляции каждого вывода и обмоток относительно корпуса трансформатора.

Увеличение тока холостого хода является следствием плохой сборки магнитопровода, в частности, большого зазора между верхним ярмом и стержнями.

Увеличенные потери холостого хода указывают на нарушение изоляции между листами магнитопровода. Место повреждения иногда может быть определено наощупь: при холостом ходе оно больше нагревается.

Одновременное значительное увеличение тока и потерь холостого хода — характерный признак виткового

замыкания в обмотке или появления короткозамкнутого контура в магнитопроводе трансформатора вследствие повреждения изоляции стяжных шпилек.

Увеличение омического сопротивления одной или двух фаз указывает на плохую пайку соединений внутри обмотки или на выводах.

Уменьшение омического сопротивления против заводских данных — признак виткового замыкания в обмотке.

Изменение коэффициента трансформации указывает на витковое или короткое замыкание между отводами или контактами переключателя.

Ненормальное гудение при работе вызывается ослаблением стяжных болтов трансформатора.

2. РАЗБОРКА И ОСМОТР ТРАНСФОРМАТОРОВ ПЕРЕД РЕМОНТОМ

Перед подъемом выемной части трансформатора необходимо слить часть масла так, чтобы уровень его был ниже выводов.

Подъем производится при помощи специальных рымов на крышке. Стропы не должны отклоняться от вертикали более чем на 30°.

Вес выемной части трансформатора различен для трансформаторов разных заводов и времени выпуска (см. табл. 13).

Таблица 13

Вес выемной части некоторых трансформаторов (приблизительно)

Напряжение высокой стороны трансформатора в *кв*	Мощность в *ква*	Вес выемной части в *т*
10	50	0,35
6	50	0,25
10	100	0,5
6	100	0,4
10 / 6	180	0,8
10 / 6	320	1
10 / 6	560	1,3
10 / 6	1 000	3

Температура выемной части (масла) при разборке не должна быть ниже температуры внутри мастерской более чем на 5°, иначе немедленно начнется потение поверхности выемной части.

После подъема трансформатор должен быть немедленно промыт просушенным маслом с диэлектрической прочностью не ниже 30 *кв*. Промывка должна производиться над специальной ванной; откуда масло самотеком поступает в бак для грязного масла.

Осмотру подвергаются обмотка, магнитопровод, изоляция, бак и изоляторы. При осмотре необходимо установить качество бумажной изоляции электрокартона. Если вырезанные из нескольких мест полоски электрокартона при сгибе под прямым углом не ломаются, то его состояние можно считать удовлетворительным.

В случае необходимости разобрать выемную часть следует перед началом работы составить эскиз расположения всех частей и узлов с указанием расстояний между фазами в свету, размеров и расположения катушек на сердечниках, толщины междуфазовых перегородок. На всех концах обмоток и на отводах должны быть навешены бирки с их номерами, которые должны быть указаны также на эскизе.

При разборке магнитопровода составляется отдельно аналогичный эскиз.

Эскизы должны быть совершенно точными и ясными; они должны обеспечить возможность правильной сборки трансформатора любыми исполнителями этой работы.

3. РЕМОНТ ОБМОТОК

При наличии виткового замыкания часто приходится полностью заменять дефектную катушку или фазу. Частичный ремонт возможен в тех случаях, когда число поврежденных витков невелико и они расположены в начале или конце катушки.

Неповрежденные катушки и фазы необходимо снять со стержней и тщательно осмотреть: при витковых замыканиях часто происходит разбрызгивание расплавленной меди на соседние катушки и фазы.

Замена витковой изоляции обмотки из прямоугольной меди производится обычно вручную. Для снятия старой изоляции катушки перевязывают в нескольких местах проволокой, помещают в герметическую электропечь и обжигают без доступа воздуха при температуре около 500° (беспламенный обжиг)[1].

После обжига изоляции нужно осторожно снять проволочные бандажи, очистить обмотку от заусенцев и окалины наждачной бумагой и все витки аккуратно выправить.

Изоляция витка обычно состоит из прокладки электрокартона толщиной 0,5 *мм* с одной стороны витка и тафтяной ленты, намотанной вполперекроя. Таким образом, между двумя соседними витками образуется изоляция из одного слоя электрокартона и четырех слоев тафтяной ленты.

Для удобства изолировки витки катушки осторожно раздвигают деревянной рейкой. После окончания изолировки последний виток должен быть закреплен бандажом из киперной ленты, которая складывается петлей и пропускается между несколькими соседними витками.

Новые катушки должны изготовляться на обмоточном станке с применением деревянных шаблонов, изготовленных из просушенной древесины твердых пород. Шаблон приводится во вращение электродвигателем, пускаемым нажатием ножной педали. Для получения нужной небольшой скорости вращения шаблона двигатель соединяется с валом станка через редуктор. На валу станка должен быть счетчик оборотов.

Необходимая длина катушки обеспечивается установкой на шаблон с двух сторон упорных шайб из толстой фанеры, которые должны быть закреплены уголками, привинченными к шайбам и телу шаблона. Бухты с обмоточным проводом укладывают на конусную вертушку, и провод пропускают через натяжное приспособление, позволяющее регулировать степень натяжения провода.

4. ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Для обмоток трансформаторов применяются провода ПЭБО, ПБ, ПББО и ПЭЛ. Для маслонаполненных трансформаторов не должны применяться провода ПБД, так как пряжа быстро размокает в трансформаторном масле.

[1] Обжиг на кострах и вообще с доступом воздуха (пламенный обжиг) приводит к местным пережогам и окислению меди и потому не допускается.

Основные изоляционные материалы для трансформаторов:

листовой и рольный электрокартон ЭМ (маслостойкий) для маслонаполненных трансформаторов (по ГОСТ 4194-48) и ЭВ — для сухих трансформаторов (по ГОСТ 2824-45);

кабельная и телефонная бумага (по ГОСТ 645-41 и 3553-47);

маслостойкая лакоткань ЛХМ (по ГОСТ 2214-46) для маслонаполненных трансформаторов;

гетинакс (по ГОСТ 2718-44).

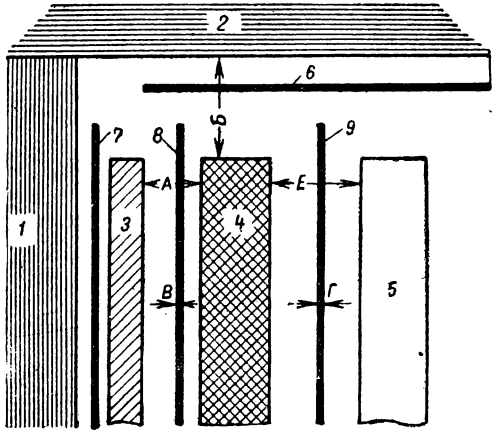


Рис. 13. Схема изоляции трансформатора

1 — сердечник; *2* — ярмо; *3* — обмотка н.н.; *4* — обмотка в. н.; *5* — обмотка в.н. соседней фазы; *6* — ярмовая изоляция; *7*—стержневая изоляция; *8*—цилиндр между обмотками одной фазы; *9* — междуфазовая перегородка

В маслонаполненных трансформаторах трансформаторное масло является одним из основных изоляционных материалов и одновременно отводит тепло, выделяемое обмотками и магнитопроводом при работе трансформатора.

В качестве подсобной изоляции, главным образом для механического крепления, применяются хлопчатобумажная, киперная, тафтяная, миткалевая или батистовая лента.

Для пропитки изоляции применяется глифталевый лак № 1154, растворителем которого служат: бензин, бензол или толуол.

В табл. 14 приводятся рекомендуемые Московским трансформаторным заводом минимальные изоляционные расстояния при выполнении изоляции по схеме, представленной на рис. 13.

Если расстояние *E* между фазами больше, чем указано в табл. 15, наличие междуфазовой перегородки необязательно.

При многослойной цилиндрической обмотке для слоевой изоляции применяется кабельная бумага толщиной 0,12 *мм* с укладкой ее в два слоя при напряжении 3 и 6 *кв* или в три слоя при напряжении 10 *кв*.

Таблица 14

Изоляционные расстояния при выполнении изоляции в трансформаторах по схеме рис. 13 (в *мм*)

Напряжение высокой стороны трансформатора в *кв*	Расстояние между обмотками высокого и низкого напряжения *А*	Расстояние до ярма *Б*		Толщина цилиндра *В*	Высота цилиндра над обмоткой	Расстояние между фазами *Е*	Толщина междуфазовой перегородки *Г*
		от обмотки высокого напряжения	от обмотки низкого напряжения				
3 и 6	8,5	20	12,5	2,5	10	10	2
10	12	30	30	3	16	14	2

Таблица 15

Напряжение высокой стороны трансформатора в *кв*	Расстояние между фазами в *мм* при мощности трансформаторов в *ква*		
	100	135—560	750—1 000
3 и 6	15	17	22
10	18	20	25

Расстояние от обмотки до стенки бака нигде не должно быть меньше 30 *мм* при напряжении 3 и 6 *кв* и 35 *мм* при напряжении 10 *кв*. Рекомендуется эти расстояния увеличивать соответственно до 60 и 70 *мм*.

Отводы для регулирования напряжения должны быть в отношении изоляционных расстояний не менее следующих значений (в *мм*):

толщина изоляции на сторону	2
то же, при проходе через дерево	3
расстояние по маслу до стенки бака	20
„ „ дереву до отвода другой фазы	25
„ „ „ „ заземленных шпилек или других металлических частей:	
при напряжении 10 *кв*	40
„ „ 6 и 3 „	30

Расстояния от наружных выводных шпилек до заземленных частей бака или расширителя должны быть не менее (в *мм*):

при напряжении 10 *кв*	140
„ „ 6 „	100
„ „ 3 „	70

Минимальные расстояния между фарфором соседних выводных изоляторов (в *мм*):

при напряжении 10 *кв*	50
„ „ 6 „	35
„ „ 3 „	22

5. СУШКА И ПРОПИТКА ОБМОТОК

Перед пропиткой обмотки должны быть высушены в сушильной камере при температуре 80—85° в течение 6—8 час.

Пропитка должна производиться немедленно после сушки при температуре обмотки 60—65° путем погружения ее в лак № 1154 обычно на 15—30 мин. до полного прекращения выделения пузырьков воздуха.

После этого обмотка вынимается и подвешивается на 20—25 мин. над пропиточным баком для стекания излишков лака, а затем помещается в печь для запекания лака при температуре 100—105° в течение 3—4 час. Сушильная камера должна быть герметической и иметь принудительную вентиляцию, обеспечивающую за время запекания лака 3—4-кратный полный обмен воздуха. До нужной температуры камера подогревается паром, электронагревателями или инфракрасными лампами. При электроподогреве нагреватели устанавливаются вне сушильной камеры — между вентилятором и камерой так, чтобы в печь подавался нагретый воздух (см. рис. 5).

Применяемые для сушки обмоток специальные инфракрасные лампы выпускаются Московским электроламповым заводом на мощности 250 и 500 *вт*. На внутреннюю поверхность колбы такой лампы нанесен специальный отражательный слой, передающий тепло в виде лучистой энергии непосредственно обмоткам, подвергаемым сушке.

6. РЕМОНТ МАГНИТОПРОВОДОВ

Разрушенную межлистовую изоляцию магнитопровода легко обнаружить: при расшихтовке магнитопровода лаковая изоляция осыпается, бумажная приобретает черный цвет.

Старая изоляция удаляется с поверхности листа путем выжига паяльной лампой, после чего ее остатки следует удалить металлической щеткой.

Изоляция восстанавливается путем лакировки или оклейки бумагой.

Лакировка листов стали производится эмалью № 1201 (растворитель — ацетон или бутилацетат), эмалью № 202 (растворитель — керосин) или лаком № 1154. Перед лакировкой листы должны быть тщательно осмотрены и заусенцы удалены; поверхность листов должна быть ровной и протерта тряпкой, смоченной в бензине, бензоле или толуоле. Лакировка должна производиться кистью (или путем пропуска через валки) с двух сторон без пропусков и наплывов.

Сушка при лакировке эмалью № 1201 — воздушная в течение 3 час., при лакировке эмалью № 202 или лаком № 1154 — печная при температуре 105—110° в течение 5 час.

Во время ремонта частично поврежденных листов с бумажной изоляцией поврежденные места можно покрывать лаком и сушить, как указано выше. При сборке магнитопровода такие листы следует чередовать с неповрежденными.

При замене бумажной изоляции лакировкой толщина листа несколько уменьшается. Уменьшение размера магнитопровода можно использовать для устройства дополнительного канала для охлаждения или компенсировать установкой дополнительной прокладки.

Оклейка листов производится тонкой бумагой (0,03 *мм*) на крахмальном клейстере. После оклейки листы необходимо немедленно просушить.

Поврежденная изоляция стяжных болтов и шпилек заменяется новой, состоящей из нескольких слоев кабельной бумаги, смазанной бакелитовым лаком. Толщина изоляции определяется диаметром отверстия в магнитопроводе: изолированные болты должны входить в отверстие

свободно, но плотно. Минимальная толщина слоя изоляции 2 *мм* на сторону при диаметре шпильки до 25 *мм* и 4 *мм* при большем диаметре.

Изолированные шпильки и болты перед установкой нагреваются при температуре 90° в течение 3—4 час.

Качество изоляции болтов и шпилек следует проверять мегомметром с напряжением не менее 1 000 *в*, а при отсутствии мегомметра напряжением 1 000 *в* от специального трансформатора.

Необходимо помнить, что ухудшение изоляции болта может произойти в результате попадания грязи или металлической стружки под головку болта или шайбу. В этом случае достаточно очистить эти места, чтобы восстановить изоляцию.

Выгорание листов стали в одном или нескольких местах под действием блуждающих токов является следствием замыкания между листами в результате нарушения межлистовой изоляции или изоляции стяжных болтов.

Для ремонта необходимо разобрать магнитопровод, вырезать поврежденные места, удалить заусенцы и оклеить бумагой или отлакировать оголенные места. Если поврежденные листы составляют не более 2% от всего сечения стержня, их следует распределить во время сборки этого стержня, чередуя с исправными листами. Если поврежденные листы составляют от 2 до 6% сечения одного стержня, их следует распределить равномерно на три стержня. Если повреждения превышают 6% сечения одного стержня, то поврежденные листы необходимо заменить новыми.

После сборки отремонтированного магнитопровода необходимо его испытать, для чего на три стержня трансформатора наматывают три временные обмотки из небольшого количества витков, соединяют их в звезду и подводят трехфазное напряжение с таким расчетом, чтобы создать в магнитопроводе нормальный поток.

Число витков временных обмоток и их сечение определяются по формулам:

$$w_{вр} = w_{ф}\frac{E'_{ф}}{E_{ф}}\ ;\ q_{вр} = \frac{I_0}{3}\cdot\frac{E_{ф}}{E'_{ф}}\ ,$$

где $w_{вр}$ и $q_{вр}$ — искомое число витков и сечение временной обмотки на фазу;

$w_{ф}$ и $E_{ф}$ — число витков и номинальное напряжение в *в* действительной обмотки трансформатора на фазу;

$E'_{ф}$ — подводимое во время испытания напряжение на фазу в *в*;

I_0 — ток холостого хода трансформатора, определяемый по паспорту (заводской табличке) или по ГОСТ 401-41.

Испытание должно продолжаться около 1 часа.

Во время испытания необходимо проверять на слух, нет ли ненормального гула или дребезжания листов, а также измерять потери и ток холостого хода.

После отключения напряжения следует немедленно наощупь проверить все части магнитопровода на отсутствие отдельных перегретых мест.

7. ТРАНСФОРМАТОРНОЕ МАСЛО

При ревизии трансформатора необходимо испытать масло на пробой в соответствии с установленными нормами.

При неудовлетворительных результатах этого испытания следует произвести очистку масла и его сушку при помощи фильтр-пресса и центрифуги.

Нормы на трансформаторное масло приведены выше — в разделе первом.

8. СБОРКА И СУШКА ТРАНСФОРМАТОРОВ

При установке катушек на магнитопровод необходимо точно соблюдать порядок операций; весь комплект ярмовой, стержневой и междуфазовой изоляции, а также дистанционных прокладок и клиньев, снятых при разборке выемной части, укладывать в точном соответствии с эскизом, составленным при разборке. Порядок укладки определяется конструкцией изоляции.

В качестве изоляции между обмотками высшего и низшего напряжения, а также стержневой изоляции Московский трансформаторный завод применяет готовые бакелитовые цилиндры (твердые). Допускается при необходимости замена этих цилиндров на мягкие из электрокартона. Для этой цели следует применять листовой электрокартон толщиной 1—2 *мм* или рулонный толщиной 0,4—0,5 *мм*. Склейка производится бакелитовым лаком.

После сборки выемная часть должна быть испытана до пайки соединений между обмотками. При этом проверяются коэффициент трансформации, изоляция витков в течение 5 мин. напряжением, превышающим номинальное на 30%, и изоляция болтов — напряжением 1 000 *в*.

Затем производится пайка всех соединений твердым меднофосфористым или серебряным припоем и проверяется правильность соединения обмоток, а также надежность пайки (короткое замыкание).

Сушку собранной выемной части необходимо производить при температуре 100—105°. Продолжительность сушки определяется по кривой сопротивления изоляции (см. рис. 6). Сушку можно считать законченной, когда достигнута точка *А* на кривой и повышение сопротивления изоляции практически прекратилось. Для трансформаторов большой мощности время сушки составляет 10—12 дней.

Сушку следует производить в вентилируемой сушильной камере. Сушка в вакуумном шкафу не является обязательной, хотя и желательна.

Применяется также сушка в собственном баке (без масла) методом потерь в стали.

Сушка горячим воздухом от воздуходувки не допускается.

Во время сушки изоляционные детали «усыхают», поэтому после ее окончания необходимо тщательно проверить состояние крепления обмоток и изоляции и при необходимости проложить дополнительные прокладки и клинья, предварительно высушенные.

Перед опусканием выемной части в кожух необходимо установить крышку и присоединить отводы к выводам. Высота установки крышки должна быть тщательно выверена. При слишком низком положении выемная часть будет висеть на крышке, не опираясь на дно кожуха. При чрезмерно высоком положении после затяжки болтов крышка будет

выпучиваться. После опускания выемной части в кожух необходимо произвести уплотнение люков и других деталей, монтируемых на кожухе.

Для уплотнения применяются маслостойкая резина № 922, а также пробка, приклеенная резиновым клеем.

При отсутствии маслостойкой резины и пробки следует применять: асбестовый шнур диаметром 15—30 *мм* для уплотнения между крышкой и баком и клингерит для уплотнения других деталей. Клингерит и асбестовый шнур необходимо предварительно пропитать бакелитовым или глифталевым лаком № 1154 и высушить на воздухе в течение 4—5 час.

Сборка считается законченной после установки расширителей и заливки трансформатора маслом.

9. АРМИРОВКА ВВОДОВ

При срочном ремонте армировка вводов производится с применением замазки, состоящей из 3 вес. частей свинцового глета (ОСТ 5252) и 1 вес. части глицерина (ОСТ 533). Замазка приготовляется в чистой фарфоровой ступке с тщательным перетиранием комков глета и постепенным добавлением глицерина до получения однородной массы. Время схватывания этой замазки — около 1 часа.

В обычных условиях следует применять для армировки магнезиальную замазку, состоящую из 135 *г* магнезита, 70 *г* фарфоровой муки и 165 *г* раствора хлористого магния.

Раствор хлористого магния может быть получен путем всыпания небольших порций магнезита в раствор соляной кислоты уд. веса 1,1 при тщательном перемешивании. Примерное соотношение: 1 *кг* магнезита на 5 *л* кислоты. Раствор можно считать готовым, когда при всыпании очередной порции магнезита не наблюдается характерное шипение.

10. ПРИЕМНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Отремонтированный трансформатор необходимо подвергнуть следующим испытаниям:

измерение сопротивления изоляции мегомметром 1000 *в*;

отбор и испытание пробы масла на пробой;

испытание изоляции обмоток повышенным напряжением;

испытательное напряжение должно равняться:

15 *кв*	для трансформаторов напряжением	3 *кв*
21 „	„ „ „	6 „
30 „	„ „ „	10 „

испытание изоляции витков индуцированным напряжением, превышающим на 30% номинальное;

проверка коэффициента трансформации;

проверка группы соединения обмоток;

испытание холостого хода с измерением потерь и тока холостого хода;

испытание короткого замыкания с измерением потерь и напряжения короткого замыкания;

измерение омического сопротивления обмоток;

проверка плотности кожуха, арматуры и уплотнений при избыточном давлении 600 *мм* столба масла для гладких и трубчатых кожухов и 300 *мм* для волнистых.

III. РЕМОНТ СВАРОЧНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Для электросварочных работ на строительстве наибольшее применение имеют сухие сварочные трансформаторы СТЭ-24,, СТЭ-34, СТАН-1 и СТАН-0. Ремонт их сводится обычно к восстановлению изоляции или смене обмоток, смене изоляционных деталей, запрессовке или шихтовке магнитопровода. Технология ремонта электросварочных трансформаторов в общем не отличается от описанной выше технологии ремонта силовых трансформаторов.

При ремонте обмоток необходимо иметь в виду приведенные ниже обмоточные и конструктивные данные сварочных трасформаторов.

1. СВАРОЧНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР СТЭ-24

Исполнение — двухкорпусное; регулятор сварочного тока размещен в отдельном корпусе.

Схема соединений трансформатора приведена на рис. 14.

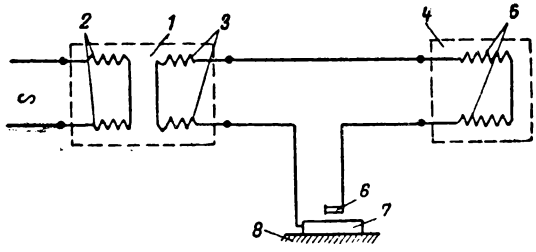


Рис. 14. Схема соединения сварочных трансформаторов СТЭ-24 и СТЭ-34

1 — трансформатор; *2* — первичная обмотка; *3* — вторичная обмотка; *4* — регулятор; *5* — обмотка регулятора; *6* — электрододержатель; *7* — свариваемое изделие; *8* — сварочная плита

Первичная обмотка:

а) при напряжении 220 *в* — две последовательно соединенные катушки по 40 витков (два слоя по 20 витков в каждой катушке), провод ПБД 3,8×10,8 *мм* (без изоляции); вес обмотки 16,1 *кг*;

б) при напряжении 380 *в* — две последовательно соединенные катушки по 70 витков (два слоя по 35 витков в каждой катушке); провод ПБД 4,1×5,9 *мм* (без изоляции), вес обмотки 16,2 *кг*.

Вторичная обмотка — две последовательно соединенные катушки по 12 витков; провод голый — шина 4,7×16,8 *мм*, вес обмотки 12,1 *кг*.

Обмотка регулятора — одна катушка с 16 витками; провод голый — шина 4,4×22 *мм*; вес обмотки 9,3 *кг*; изоляция витков — асбестовая прокладка, пропитанная лаком.

Минимальное сечение: подводимых проводов — 25 *мм*^{2} при напряжении 380 *в* или 50 *мм*^{2} при напряжении 220 *в*; провод вторичной цепи 95 *мм*^{2}.

2. СВАРОЧНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР СТЭ-34

Исполнение — двухкорпусное; регулятор сварочного тока размещен в отдельном корпусе.

Схема соединений трансформатора — см. рис. 14.

Первичная обмотка:

а) при напряжении 220 *в* — две параллельно соединенные катушки по 66 витков (два слоя по 33 витка в каждой катушке); провод ПБД 6×6,9 *мм* (без изоляции); вес обмотки 31,4 *кг*;

б) при напряжении 380 *в* — две последовательно соединенные катушки по 56 витков (в каждой катушке два слоя по 28 витков); провод ПБД 6×8 *мм* (без изоляции); вес обмотки 31 *кг*.

Вторичная обмотка — две последовательно соединенные катушки по 9 витков; провод голый — шина 3,53×22 *мм*; вес обмотки 19 *кг*.

Обмотка регулятора — одна катушка с 16 витками; провод голый — шина 3,53×22 *мм*; вес обмотки 14,4 *кг*; изоляция витков — асбестовая прокладка, пропитанная лаком.

Минимальное сечение: подводимых проводов — 35 *мм*^{2} при напряжении 380 *в* или 70 *мм*^{2} при напряжении 220 *в*; проводов вторичной цепи 185 *мм*^{2}.

3. СВАРОЧНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ СТАН

Плавное регулирование сварочного тока у трансформаторов СТАН достигается благодаря двум их особенностям:

а) вторичная обмотка разделена — одна часть витков вторичной обмотки расположена на том же стержне, что и первичная обмотка, а другая часть — на другом стержне;

б) трансформаторы имеют, кроме указанных двух стержней, несущих обмотки, еще третий, подвижной стержень (магнитный шунт), расположенный между ними.

Регулировочная способность трансформаторов СТАН зависит от распределения витков вторичной обмотки между стержнями, поэтому изменять его распределение во время ремонта нельзя.

Наличие магнитного шунта вызывает появление значительного потока рассеяния, часть которого при некоторых положениях шунта замыкается через кожух трансформатора. Во избежание чрезмерного нагрева кожуха под действием паразитных токов одна из боковых стенок кожуха должна быть изолирована прокладками из прессшпана.

IV. РЕМОНТ ЭЛЕКТРОАППАРАТУРЫ

Применяемая на строительстве электроаппаратура весьма разнообразна. Однако почти для всех видов аппаратов можно установить три группы деталей, наиболее часто изнашивающихся и требующих ремонта или замены:

а) катушки аппаратов; б) механические детали, контакты; в) изоляционные детали.

1. РЕМОНТ КАТУШЕК АППАРАТОВ

Необходимость ремонта катушек вызывается повреждением каркасов, обмоток, распайкой выводов.

Каркасы обычно изготовляются из электрокартона, бакелитовой бумаги или из листовой стали 0,5 *мм*, изолированной слоем миканита толщиной 1 *мм*.

Фланцы металлического каркаса изолируются шайбами из лакоткани, внутренний диаметр которых должен быть на 10 *мм* меньше диаметра каркаса. Изнутри шайбы надрезают по радиусу на длину 10 *мм*. В таком виде шайбы надевают на каркас, причем внутренний край отгибается, образуя дополнительную изоляцию катушки.

Наружный диаметр шайб должен быть на 12—15 *мм* больше диаметра катушки. После намотки катушки наружный край шайбы отгибается и изолирует катушку от краев фланца.

Для изготовления катушек следует применять необмотанный эмалированный лакостойкий провод ПЭЛ.

Намотка катушек производится вручную или на специальном станочке. В обоих случаях установка счетчика оборотов обязательна. Намотку необходимо вести очень аккуратно, укладывая провод равномерно, без «крестов». Через каждые два слоя провода прокладывается лист папиросной бумаги. Выводы катушек, особенно внутренний вывод, необходимо хорошо изолировать «чулком» из линоксина и гибким миканитом.

Пайка выводов производится припоем ПОС-40 с применением в качестве флюса канифоли.

Для пропитки катушек применяется лак № 458. Сушка производится на воздухе.

К наружной поверхности катушки после ремонта необходимо прикреплять табличку с указанием ремонтного номера, даты ремонта, числа витков катушки, марки и сечения провода. Эти же данные должны быть занесены в паспорт катушки, хранящийся в мастерской, в котором указывается также, на каком аппарате устанавливается катушка и при каком напряжении она должна применяться.

Число витков катушки определяется при помощи вспомогательного трансформатора, число витков и напряжение первичной обмотки у которого известны, а испытуемая катушка является его вторичной обмоткой. При этом следует пользоваться формулой

$$w = \frac{U}{U_0},$$

где w — искомое число витков;

U — напряжение, замеренное на выводах катушки в *в*;

U_0 — напряжение, приходящееся на один виток первичной обмотки в *в*.

В тех случаях, когда катушка повреждена, число витков может быть приблизительно установлено по следующим формулам:

для катушек переменного и постоянного тока

$$w = 70\frac{\Pi}{q},$$

где $П$ — площадь сечения катушки на сторону в $см^2$;
q — сечение провода в $мм^2$;
для катушек только переменного тока

$$w = \frac{0{,}45U \cdot 10^6}{QB},$$

где U — напряжение катушки в $в$;
Q — сечение сердечника в $см^2$;
B — индукция в сердечнике (обычно 13 000 — 14 000 $гс$).

После ремонта изоляция катушки должна быть испытана на напряжение 2 000 $в$ (ток частотой 50 $гц$).

2. РЕМОНТ МЕХАНИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ И КОНТАКТОВ

Пружины электроаппаратов изготовляются из специальной качественной стальной проволоки (рояльной). После навивки пружины должны быть покрыты черным асфальтовым лаком воздушной сушки[1].

Крайние витки пружин, работающих на сжатие, должны быть обработаны таким образом, чтобы пружина могла стоять на торце.

Оси и ролики изготовляются из углеродистой стали с обеспечением максимального совпадения осей и минимального биения ролика на оси. При этом необходимо устранять возможность проворачивания осей, для чего их концы должны быть расклепаны или зашплинтованы.

Ремонт барабанных и кулачковых контроллеров заключается обычно в замене сегментов, сухарей и контактов. Размеры новых деталей должны точно соответствовать чертежам завода-изготовителя или эскизам, изготовленным на месте по неповрежденным деталям.

Наилучшим материалом для этих деталей является твердая неотожженная медь. Крепить сегменты следует впотай латунными винтами диаметром 4—5 *мм*.

Контактные болты и шпильки должны быть плотно затянуты и по сечению должны соответствовать величине тока. При диаметрах до 10 *мм* токовая нагрузка рекомендуется для контактных болтов и шпилек из расчета плотности тока не более 2 $а/см^2$, при бо́льших диаметрах — 1 — 1,5 $а/см^2$.

3. РЕМОНТ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Изоляционные детали электрических аппаратов чаще всего изготовляются из пластмассы или представляют собой миканитовую опрессовку.

Для ремонта этих деталей следует применять текстолит, гетинакс, асбестоцемент и фибру. В отдельных случаях можно применять пропитанную льняным маслом древесину твердых пород (бук, береза, дуб).

Для ремонта изоляционных деталей, подвергающихся действию электрической дуги, следует применять только фибру.

[1] Гальванические покрытия недопустимы, так как они ухудшают качество пружин. Не следует также подвергать пружины закалке.

Детали, изготовленные из асбестоцемента, должны быть пропитаны льняным маслом. Перед пропиткой их необходимо сушить при температуре 150°. Продолжительность сушки в часах определяется толщиной детали в миллиметрах, умноженной на 2. После этого детали следует опустить на то же время в льняное масло.

Затем детали следует просушить в течение 24 час. на воздухе и дополнительно запечь при температуре 100° в течение 24 час.

Для изоляции шпилек сопротивлений применяют асбестовую бумагу и формовочный миканит.

РАЗДЕЛ ДЕСЯТЫЙ

СВЯЗЬ НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ

I. ВИДЫ СВЯЗИ И ПРИМЕНЯЕМАЯ АППАРАТУРА

1. ВИДЫ СВЯЗИ НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Таблица 1

Назначение отдельных видов связи

Наименование связи	Для чего применяется
Административно-хозяйственная	Общего пользования — для переговоров работников отдельных участков между собой, а также с абонентами других телефонных станций
Оперативная (директорская и диспетчерская)	Для переговоров начальника строительства или диспетчера с отдельными участками строительства (без посредства телефонистки)
Громкоговорящая проводная	Для производственных переговоров и трансляции широковещательных программ и распоряжений дирекции предприятия
Радиосвязь	Для связи по эфиру с предприятиями и участками строительства в радиусе 25—30 *км*

Примечание. Дальняя внешняя телефонная или телеграфная связь осуществляется обычно по каналам связи Министерства связи или других ведомств.

2. АДМИНИСТРАТИВНО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ СВЯЗЬ

Применяются телефонные станции: ручного обслуживания системы МБ (с местной батареей) или ЦБ (с центральной батареей) и автоматические (АТС). Основная система для административно-хозяйственной связи — ЦБ.

Элементы системы ЦБ (рис. 1) — коммутатор, щит переключения (кросс), служащий для защиты станционного оборудования от грозовых разрядов и токов высокого напряжения, а также для испытания станционных и линейных устройств при повреждениях, аккумуляторные батареи (обычно на 24 *в*), генераторы для их зарядки, зарядно-разрядный щит, вызывное устройство ВУ для посылки вызова к абонентам.

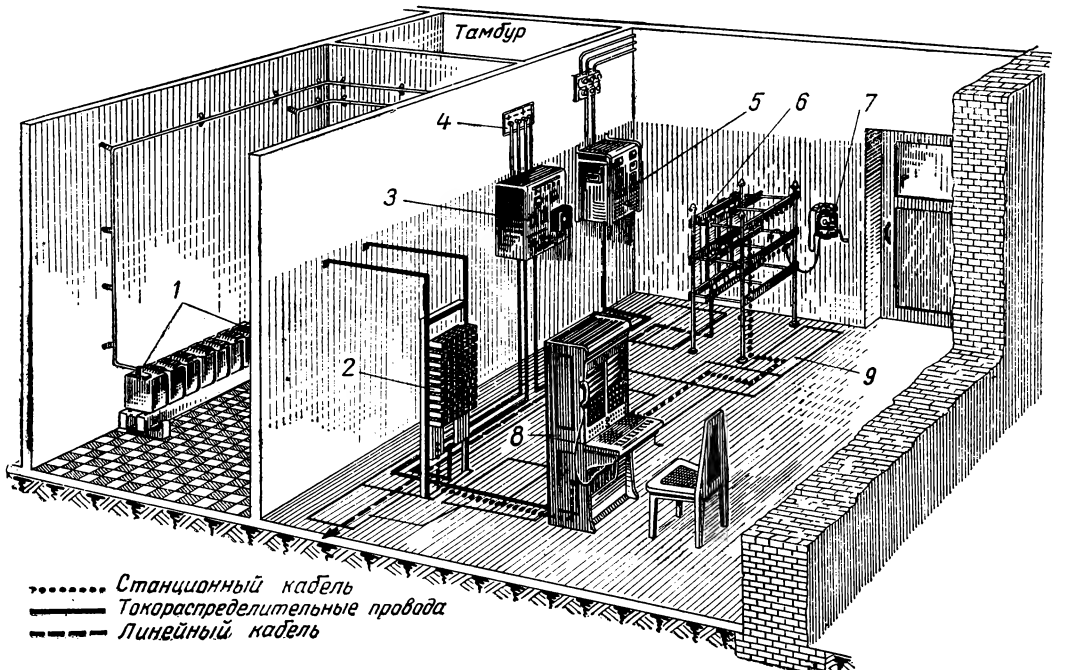


Рис. 1. Телефонная станция системы Ц. Б.

1 — аккумуляторная батарея типа С; *2* — реле-статив; *3* — зарядно-разрядный и вызывной щит; *4* — проходная плата; *5* —селеновый выпрямитель; *6*—щит переключений (кросс); *7* - испытательный прибор; *8*—коммутатор Ц. Б на 100 номеров; *9* — подпольные желоба

1) Телефонные коммутаторы для административно-хозяйственной связи

Таблица 2

Технические данные по коммутаторам (емкость и габариты)

Тип коммутатора	Количество			Габариты в *мм*					
				Коммутатор			Статив		
	местных абонентов	соединительных линий	шнуровых пар	высота	ширина	глубина	высота	ширина	глубина
МБ-10Т	10	Нет	10	220	320	170	Нет		
ТК-40МБ	40	5	8	510	612	530	Нет		
МБ-ЦБ на 100 номеров	20-МБ 80-ЦБ	—	18	1 595	646	665	980	628	356
ЦБ×2 на 40 номеров	35	5	8	428	344	393	830	628	176
ЦБ×2Л на 100 номеров	100	10	18	1 595	646	665	1 560	430	176
ЦБ×2У на 100 номеров	110	10	18	1 595	646	665	1 560	430	176
УРТС-100	100	13	18	1 350	654	970	1 600	544	270

2) Краткое описание телефонных станций ручного обслуживания

Коммутатор телефонной системы МБ на 10 номеров типа МБ-10Т предназначен для телефонной связи между 10 абонентами (с аппаратами системы МБ). Схема коммутатора допускает спаривание двух коммутаторов (при этом емкость станции увеличивается до 20 номеров), а также циркулярное соединение одного из абонентов с несколькими другими.

Опрос и вызов абонентов осуществляются телефонным аппаратом системы МБ, расположенным рядом с коммутатором. В коммутаторе применена тастатура (рамка с кнопками), позволяющая производить опрос абонентов, посылку вызова и контроль прохождения разговоров без помощи шнуров.

Коммутатор телефонной системы ЦБ×2 емкостью 40 номеров рассчитан на включение 35 местных абонентов и 5 соединительных линий с городской телефонной станцией и коммутаторными установками любой системы.

На случай, когда коммутатор не обслуживается телефонисткой круглосуточно, предусмотрена возможность постоянного соединения одного местного абонента с городской телефонной станцией путем переключения (нажатием специальной кнопки) 35-й абонентской линии на первую соединительную линию с городской телефонной станцией.

Коммутатор поставляется в комплекте со стативом шнуровых реле настенного типа, на котором смонтированы реле и защитная полоса емкостью 50×2 номеров для подключения линий.

Телефонная станция ЦБ-УРТС-100/600 изготовляется емкостью от 100 до 600 номеров. В комплект входят коммутаторы, кросс и испытательный прибор. Для станций емкостью более 300 номеров в комплекте поставляются рамки многократного поля, а для станций емкостью более 500 номеров — коммутаторы старшей телефонистки.

Коммутатор имеет 100 абонентных линий, 18 шнуровых пар, 7 вхо-

Таблица 3

Технические данные по коммутаторам (конструкции и электрические характеристики)

Тип коммутатора	Корпус коммутатора	Тип статива	Электрическая характеристика			Вызов абонентов
			напряжение постоянного тока в *в*	допустимое сопротивление линии (шлейфа) в *ом*		
				местных абонентов	соединительных линий	
М-10Т	Металлический, настольно-стенной (с молниеотводами для защиты линий)	Нет	3	3 000—4 000	Нет	Ручной индуктор
ТК-40МБ	Настольный	„	Микрофон—3, сигнальные цепи—6	3 000	„	То же
МБ-ЦБ на 100 номеров	Напольный шкафного типа	Настенный	24±2	ЦБ—600 МБ—3 000	„	Ручной индуктор или ВУ
ЦБ×2 на 40 номеров	Настольно-стенной	„	24±2	1 000	1 000	То же
ЦБ×2Л на 100 номеров	Напольный шкафного типа	Напольный	24±2	1 000	1 000	„
ЦБ×2У на 100 номеров	То же	„	24±2	1 000	1 000	„
УРТС-100	„	„	24±2	800	500—1 500	Вызывное устройство

Таблица 4

Основные технические данные по учрежденческим автоматическим телефонным станциям (малой емкости)

Тип станций	Основные электромагнитные механизмы	Напряжение источника постоянного тока в *в*		Количество соединительных линий		Емкость станций (количество абонентов)	Нумерация абонентов	Местная и исходящая связь	Входящая связь от телефонных станций различных систем
		нормальное	допустимые колебания	исходящих	входящих				
АТС-33	Искатели ДШИ и ШИ-25 и телефонные реле РПН	60	58—64	3	3	30	Двухзначная	Автоматическая	Через промежуточный аппарат
УАТС-50	Искатели ДШИ и ШИ-11 и электромагнитное реле РПН	60	58—64	5	5	44	„	То же	То же

Примечания. На обеих станциях предусмотрена сигнализация повреждений и неисправностей станций.

В станции АТС-33 имеется возможность перевода схемы РСЛ с одностороннего действия на двустороннее, при этом могут быть включены три соединительные линии.

Для АТС-33 входящая связь от абонентов других АТС, допускающих трансляцию импульсов, может быть автоматической.

Для УАТС-50 входящая внешняя связь — без ограничений, для исходящей связи возможно ограничение.

дящих и 6 исходящих соединительных линий. Соединительные линии предназначены для включения в нормальные абонентские комплекты станций ЦБ и АТС любой системы.

Схема соединительных линий обеспечивает возможность сквозного набора абонентов городской АТС и возможность ограничения права выхода местных абонентов в город.

Источником вызывного и сигнального тока на станциях емкостью от 300 до 600 номеров является сигнально-вызывная машина, на станциях емкостью 100—200 номеров — токовращатель, работающий от общестанционной батареи.

3) Автоматические телефонные станции шаговой системы малой емкости (для внутренней связи отдельных предприятий и учреждений)

Конструктивно станции выполнены: АТС-33 — в виде напольного шкафа (статива) размером 2 030×745××300 *мм*, УАТС-50 — в виде подвесных стативов со съемными платами и приборами; стативы размещаются на металлическом каркасе высотой 2 600 *мм* и шириной по фасаду 1 680 *мм*. Станция состоит из: а) статива кросса, где размещены защитная полоса, панель питания и панель испытательного прибора; б) статива ПИ—ЛИ, где смонтированы многократное поле, платы (панели) с искателями, сигнальное устройство и др.*

* ПИ — предыскатели, ЛИ — линейные искатели.

в) статива соединительных линий (СЛ) и сигнально-вызывного устройства.

В комплект станции входят, кроме того, промежуточный аппарат, регулировочный инструмент, запасные части и техническая документация.

4) Краткое описание учрежденческих автоматических телефонных станций шаговой системы УАТС-49

Учрежденческие автоматические телефонные станции УАТС-49 предназначаются для внутренней связи отдельных учреждений или предприятий. Возможна также их связь с междугородной и городской телефонными станциями, а также с другими учрежденческими станциями. Емкость станции — от 100 до 900 номеров с возможностью поставки емкости до 2 000 номеров. Увеличение первоначальной емкости возможно кратно 100 номерам.

Входящая связь от междугородной телефонной станции может быть: полноавтоматической с преимуществом для междугородной связи; по прямым СЛ от МТС; полноавтоматической с преимуществом для междугородной связи через городскую АТС типа АТС-47 по входящим СЛ; полуавтоматической через передаточный стол по входящим СЛ или прямым СЛ от МТС.

Предусмотрены следующие виды входящей и исходящей связи со встречными телефонными станциями: входящая автоматическая связь по трехпроводным соединительным линиям без РСЛ с городскими и учрежденческими телефонными станциями (АТС-47 или УАТС-49); входящая связь по двухпроводным соединительным линиям с вызовом переменным током через передаточный стол; исходящая автоматическая связь на станции любой системы по двухпроводным соединительным линиям через РСЛ; исходящая автоматическая связь на станции АТС-47 через РСЛ* по двухпроводным СЛ (с включением на встречной станции в комплекты ПИ) или по трехпроводным СЛ без РСЛ (с включением на встречной станции типа АТС-47 или УАТС-49 во входящие ГИ).

Ограничение исходящей связи абонентов предусмотрено группами по 100 номеров или индивидуально.

Схемой предусмотрены: возможность выяснения номера вызывающего абонента при местном соединении, а также при связи с другими АТС типа АТС-47; серийное искание с вызовом переменным током через ЛИ; немедленная после набора номера посылка вызываемому абоненту вызывного тока (так называемый «первый вызов»); при входящей связи через передаточный стол с многократным полем, возможность вызова абонентом телефонистки передаточного стола, с передачей разговора по входящей СЛ другому абоненту; контроль входящих разговоров телефонисткой передаточного стола на фоне тиккера; включение спаренных и удаленных абонентов.

В системе АТС в качестве основных приборов использованы: декадно-шаговые (подъемно-вращательные) искатели ДШИ; шаговые искатели с одним вращательным движением на 11 контактов ШИ-11; телефонные реле типа РПН.

Питание станции производится от аккумуляторной батареи с номинальным напряжением 60 *в*. Колебания напряжения допускаются в пределах от 58 до 64 *в*.

Потребляемое количество электроэнергии в средних условиях составляет ориентировочно около 40 *а-ч* в сутки на каждые 100 номеров

* РСЛ — реле соединительной линии.

емкости станции при максимальной величине расхода тока в час наибольшей нагрузки (ЧНН) около 5 *а*.

Источники питания в состав оборудования станции не входят и заводом не поставляются.

Станция рассчитана для нормальной работы в помещениях с температурой окружающей среды от + 15 до + 35° и относительной влажности воздуха от 45 до 75%.

Система надежно работает при сопротивлении абонентского шлейфа (без аппарата абонента) от 0 до 1 000 *ом*, сопротивлении изоляции между проводами 20 000 *ом*, рабочей емкости между проводами 0,5 *мкф* плюс возможная емкость искрогасителя аппарата абонента около 1 *мкф* при импульсах, посылаемых при наборе номера, с изменением импульсного коэффициента номеронабирателя от 1,3 до 1,9 и скорости возвращения диска от 9 до 11 импульсов в секунду.

Площадь, необходимая для размещения станционного оборудования, указана в табл. 5.

Таблица 5

Размеры помещений УАТС различной емкости

Емкость в номерах	Размеры помещений в *м* (площадь в *м*²)*								
	автозал			кросс			помещение передаточного стола		
	длина	ширина	площадь	длина	ширина	площадь	длина	ширина	площадь
100	4,5	5	22,5	3,2	2,6	8,3	3	2,6	7,8
200	5,7	5	28,5	3,2	2,6	8,3	3	2,6	7,8
300	6,9	5	34,5	3,2	3,2	10,2	3	2,6	7,8
400	6,9	5	34,5	3,2	3,2	10,2	3	2,6	7,8
500	6,9	6,3	43,5	3,2	3,5	11,2	3	3,2	9,6
600	6,9	6,3	43,5	3,2	3,7	11,8	3	3,2	9,6
700	9,9	6,3	62,4	3,2	4,1	13,1	3	3,2	9,6
800	9,9	6,3	62,4	3,2	4,2	13,4	3	3,2	9,6
900	9,9	6,3	62,4	3,2	5	16	3	3,2	9,6

* Высота помещения 3,2 *м*.

Объем основного и дополнительного оборудования станции УАТС-49 определяется проектом.

5) Телефонные аппараты

Телефонные аппараты разделяются на две основные системы: МБ и ЦБ.

Источником питания микрофона телефонных аппаратов системы МБ (местной батареи) служит гальванический элемент, находящийся при аппарате.

Телефонные аппараты системы ЦБ (центральной батареи) получают питание микрофона от общей центральной аккумуляторной батареи, устанавливаемой на телефонной станции.

Каждый телефонный аппарат имеет разговорные и вызывные приборы, которые при помощи контактного устройства, связанного с рычагом для микротелефона, переключаются в разговорную и вызывную схему аппарата.

Таблица 6

Технические данные по телефонным аппаратам

Марка	Корпус		Назначение
	материал	тип	
ТАУ-1-МБ	Пластмасса	Настольно-стенной	Для включения в абонентские линии ручных телефонных станций системы местной батареи
БАГТА-50-МБ	»	Настольный	То же
Взрывобезопасный	Металл литой	Стенной	То же, для телефонной связи абонентов в выработках каменноугольных шахт
БАГТА-50-ЦБ	Пластмасса	Настольный	Для включения в абонентские линии ручных телефонных станций системы центральной батареи
ТАН-6	»	»	То же
ТАШ-53	Металл литой	Стенной	То же, влагозащитный для угольных шахт
ТАП	Алюминиевый сплав	»	То же, с выносным вызывным устройством (ревуном) для связи с наружными постами
БАГТА 50 АТС	Пластмасса	Настольный	Для включения в абонентские линии автоматических телефонных станций
ТАСТ	»	Стенной	То же
ТАЛ	»	»	»

6) Концентраторы

Концентратором называется телефонный аппарат, подключаемый к нескольким телефонным линиям.

Промышленностью выпускаются концентраторы КД-6 (для директора) и КС-6 (для секретаря). Каждый из них заменяет шесть телефонных аппаратов, подключенных к абонентским линиям ручных или автоматических телефонных станций. Вызов любой из шести станций ЦБ или АТС осуществляется нажатием на соответствующую тастатурную кнопку. Эта кнопка нажимается также при ответе на вызов. Сигнал вызова фиксируется отпаданием якоря соответствующего блинкера и появлением белого поля в одном из вызывных окошек. Блинкер механически блокируется, переключая вызывной ток на звонок.

Отбой осуществляется возвращением микротелефона на рычаг концентратора. При этом все нажатые кнопки и отпавшие якори блинкеров возвращаются в исходное положение.

7) Прибор для испытания линий и станций

Для станции системы ЦБ прибор смонтирован на деревянном основании размером 240×172 *мм* с высотой колпака 105 *мм*; для станции системы МБ — на таком же основании, но с высотой колпака 130 *мм*.

Прибор работает: для станции ЦБ — от батареи постоянного тока напряжением 24±2 *в*, для станции МБ — от батареи напряжением 1,5 *в* для питания микрофонных цепей и батареи 6 *в* для питания сигнальных цепей.

Прибор устанавливается на стене.

3. ОПЕРАТИВНАЯ СВЯЗЬ (ДИСПЕТЧЕРСКАЯ И ДИРЕКТОРСКАЯ)

Оперативная связь на строительных площадках и предприятиях устраивается в виде прямой телефонной диспетчерской связи, а в некоторых случаях в виде прямой связи для начальника строительства и диспетчеров отдельных производственных участков: транспорта, снабжения, складского хозяйства, бетонного завода и т. п. Устройства оперативной связи, как правило, должны иметь выход по соединительным линиям на другие телефонные станции.

1) Директорские коммутаторы

Коммутатор ДКИ-20 предназначен для прямой служебной телефонной связи руководителя предприятия. Смонтирован в деревянном корпусе и приспособлен для установки на столе.

Коммутатор ДКУ-1 с усилителем предназначен для прямой громкоговорящей связи руководителя предприятия с подчиненными. Коммутатор ДКУ-1 позволяет организовать следующие виды связи с прямыми объектами:

а) прямую связь с секретарем;

б) индивидуальный разговор с объектом через усилитель и без усилителя;

в) выборочную или общую циркулярную передачу объектам через усилитель;

г) конференцию с любым количеством прямых абонентов, при этом в процессе совещания любой из абонентов может быть включен и выключен из передачи.

При работе коммутатора с усилителем начальник пользуется диспетчерским микрофоном и динамиком.

Коммутаторная установка состоит из двух основных частей: коммутатора и статива. Коммутатор смонтирован в деревянной тумбе. Статив представляет собой металлический каркас, устанавливаемый на полу, на котором размещаются реле и другие детали схемы коммутатора.

2) Диспетчерские коммутаторы

Коммутатор КОС-22 предназначен для оперативной служебной связи, а также для диспетчерской связи на малых предприятиях. Коммутатор смонтирован в металлическом корпусе, устанавливаемом на столе, имеет два микротелефона (рабочих места): первого и второго операторов.

Схема коммутатора позволяет производить переключение рабочего места первого оператора на выносное рабочее место — телефонный аппарат. Коммутатор позволяет подключать громкоговорящее устрой-

ство. Коммутаторы КОС-22 допускают увеличение емкости станции путем спаривания двух коммутаторов.

Коммутаторы ДКЗ-40 и ДКЗ-70 применяются на крупных строительствах, имеют радиус действия по кабельной линии до 5,5 *км*.

Коммутаторная установка ДКЗ-40 или ДКЗ-70 состоит из трех основных частей: коммутатора, статива реле и щита питания.

Коммутатор ДКЗ-40 смонтирован в настольном металлическом корпусе, снабжен громкоговорящим устройством и двумя микротелефонами.

Коммутатор ДКЗ-70 смонтирован в деревянном корпусе, собранном на металлическом каркасе, и предназначен для установки на полу рядом со столом диспетчера.

Статив представляет металлический каркас, на котором размещаются реле и другие детали схемы коммутатора. Статив устанавливается на полу.

На щите питания подвесного типа смонтированы выпрямитель, для питания усилителя, вызывные устройства и рубильники для включения электропитания. Габариты щита: высота 630 *мм*, ширина 400 *мм*, глубина 322 *мм*.

Линии прямых абонентов включаются в телефонные аппараты ЦБ специальной конструкции с кнопкой для передачи на коммутатор сигнала «Прошу слова» (во время конференций).

Коммутатор имеет два рабочих места для диспетчера и оператора и обеспечивает следующие виды связи с прямыми абонентами:

а) индивидуальный разговор с усилителем и без него;

б) выборочную циркулярную передачу или конференцию через усилитель с любым количеством включенных абонентов с коммутатора или из кабинета начальника либо главного инженера.

Таблица 7

Основные технические данные директорских и диспетчерских коммутаторов

Тип коммутатора	Назначение коммутатора	Емкость		Число рабочих мест (микротелефонов)	Коммутатор				Статив				
		число прямых абонентов	число соединительных линий		габариты в *мм*			вес в *кг*	количество	габариты в *мм*			вес в *кг*
					высота	ширина	глубина			высота	ширина	глубина	
ДКИ-20	Для директорской связи	20	2	1	198	410	530	14	1	1 947	Отсутствует		95
ДКУ-1	То же	40	4	1	760	700	500	52			780	300	
ДКЗ-40	Для связи главного диспетчера	40	2	2	480	1 160	380	81	1	1 947	780	300	90
ДКЗ-70	То же	60	4	2	1 135	600	770	100	2	1 947	780	300	115
КОС-22	Для оперативной связи и связи участкового диспетчера	20	2	2	198	480	580	16	Отсутствует				

При работе коммутатора с усилителем диспетчер, начальник или главный инженер пользуются динамическим микрофоном и громкоговорителем.

Технические данные и электрическая характеристика директорских и диспетчерских коммутаторов приведены в табл. 7 и 8.

Таблица 8

Электрическая характеристика директорских и диспетчерских коммутаторов

Тип коммутатора	Система линии	Напряжение линейной батареи в *в*	Допустимое сопротивление линий (шлейфа) в *ом*		Источник вызывного тока	Наличие усилителя
			абонентской линии	соединительной линии		
ДКИ-20	Двухпроводная .	24	400	1 000	Вызывной трансформатор	Отсутствует
ДКУ-1	Четырехпроводная (для соединительных линий—двухпроводная)	48	2 000	1 000	То же —	Имеется —
ДКЗ-40	Двухпроводная .	48	1 000	1 000	Вызывной трансформатор и резервный релейный токовращатель	Имеется
ДКЗ-70	„	48	1 000	1 000	То же	„
КОС-22	„	24	800	1 000	Вызывной трансформатор	„

II. УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ УСТАНОВОК СВЯЗИ

1. ИСТОЧНИКИ ВЫЗЫВНОГО ТОКА

Вызывное устройство ВУ служит для посылки с телефонных станций в телефонный аппарат вызывного тока частотой от 15 до 50 *гц*.

ВУ нормально работает от сети переменного тока напряжением 120/220 *в*, а при аварии в сети переменного тока может работать от постоянного тока напряжением 6 *в* на телефонных станциях системы МБ и напряжением 24 *в* на телефонных станциях системы ЦБ, причем постоянный ток при помощи релейного вибратора и трансформатора преобразуется в переменный ток частотой 15—25 *гц*.

В комплекте телефонных станций УРТС емкостью 100—200 номеров поставляется сигнальное устройство, по принципу действия аналогичное ВУ.

Сигнальная машина. Телефонные станции УРТС емкостью от 300 до 600 номеров снабжаются сигнальной машиной, которая имеет три обмотки: одна обмотка постоянного тока — на этой обмотке машина работает от станционной батареи постоянного тока; вторая и третья обмотки работают как генераторы переменного тока, одна дает вы-

зывной ток с частотой 25 *гц*, а другая — зуммерный ток с частотой 450 *гц**. Сигнальная машина может включаться через пусковое реле и вручную.

2. ИСТОЧНИКИ ПОСТОЯННОГО ТОКА ДЛЯ ПИТАНИЯ МИКРОФОНОВ, РЕЛЕ, СИГНАЛЬНЫХ ЛАМП И ДР.

Гальванические элементы. Для питания телефонных аппаратов и станций МБ наиболее распространены сухие элементы с марганцевым деполяризатором 2С и 3С, основные характеристики которых приведены в табл. 9.

Таблица 9

Основные технические данные по гальваническим элементам 2С и 3С

Тип элемента	Электродвижущая сила в *в*	Срок сохранности в месяцах	Емкость в начале хранения в *а-ч*	Емкость в конце хранения в *а-ч*	Габариты в *мм*	Вес в *г*
2С	1,5	12	9	6,5	40×40×90	300
3С	1,5	18	30	24	55×55×123	700

Примечание. Элементы 2С и 3С выпускаются трех марок: марки Х, которые работают при температуре от —40 до +40°; марки Л, которые работают при температуре от —20 до +60°; марки У, которые работают при температуре от —40 до +60°.

Свинцовые или щелочные аккумуляторные батареи применяются для питания установок связи со станциями ЦБ или АТС. Работают или по способу заряд — разряд, или по способу прерывистого или непрерывного буферного включения с применением в качестве зарядных устройств двигатель-генератора или селенового выпрямителя.

Таблица 10

Кислотные аккумуляторы С и СК (при номинальном напряжении каждого элемента 2 *в*)

Тип аккумуляторов		Номинальная емкость в *а-ч*	Размеры сосуда в *мм*			Толщина стен и дна сосуда в *мм*		Средний ориентировочный вес аккумулятора без кислоты в *кг*	Вес электролита удельного веса 1,18 для аккумулятора с деревянной сепарацией в *кг*
для продолжительных режимов	для кратковременных режимов		длина	ширина	высота	стены	дно		
С-1	СК-1	36	80	215	270	6	8	8,6	3
С-2	СК-2	72	130	215	270	6	8	14,1	5,5
С-3	СК-3	108	180	215	270	6	8	18,5	8
С-4	СК-4	144	215	230	270	6	8	22,5	9,5
С-5	СК-5	180	215	230	270	6	8	28	11
С-6	СК-6	216	220	195	485	7	8	31,9	15,5
С-8	СК-8	288	220	195	485	7	8	41,9	14,5
С-10	СК-10	360	220	260	485	7	8	51,6	15,5
С-12	СК-12	432	220	270	485	7	8	60	17,5
С-14	СК-14	504	220	295	485	7	8	67,7	19

* На небольших телефонных станциях для посылки фонического сигнала (вызова) абоненту применяется зуммерпищик, смонтированный в каждом телефонном коммутаторе.

Таблица 11

Электрическая характеристика кислотных аккумуляторов С и СК

Типы аккумуляторов	Максимальные ток и емкость							
	Ток при заряде в *а*		При разряде в течение					
			10 час.		3 час.		1 часа	
	для типа С	для типа СК	ток в *а*	емкость в *а-ч*	ток в *а*	емкость в *а-ч*	ток в *а*	емкость в *а-ч*
			для типов С и СК				для типа СК	
С-1	9	11	3,6	36	9	27	18,5	18,5
С-2	18	22	7,2	72	18	54	37	37
С-3	27	33	10,8	108	27	81	55,5	55,5
С-4	36	44	14,4	144	36	108	74	74
С-5	45	55	18	180	45	135	92,5	92,5
С-6	54	66	21,6	216	54	162	111	111
С-8	72	88	28,8	288	72	216	148	148
С-10	90	110	36	360	90	270	185	185
С-12	108	132	43,2	432	108	324	222	222
С-14	126	154	50,4	504	378	259	259	—

Таблица 12

Щелочные аккумуляторы ЖН

Тип аккумуляторов	Ширина в *мм*	Длина в *мм*		Высота в *мм*		Вес аккумулятора в *кг*	
		без цапф	с цапфами	без борна	с борном	без электролита	с электролитом
ЖН-22	32	105	125	200	213	1,41	1,73
ЖН-45	53	105	125	200	213	2,31	2,85
ЖН-60	45	128	152	330	349	3,88	4,78
ЖН-100	70	128	152	330	349	5,4	6,8
ЖН-350	165	152	—	490	526	21	27

Таблица 13

Электрические характеристики щелочных аккумуляторов ЖН

Типы аккумуляторов	Номинальная емкость в *а-ч*	6-часовой режим заряда (номинальный)		8-часовой режим разряда		Одночасовой режим разряда		Отдача при 6-часовом режиме заряда и при 8-часовом режиме разряда	
		ток в *а*	емкость сообщенная при заряде в *а-ч*	ток в *а*	напряжение в конце разряда в *в* не менее	ток в *а*	напряжение в конце разряда в *в* не менее	по емкости в %	по энергии в % не менее
ЖН-22	22	5,5	33	2,75	1	22	0,5	66,6	47
ЖН-45	45	11,25	67,5	5,65	1	45	0,5	66,6	47
ЖН-60	60	15	90	7,5	1	60	0,5	66,6	47
ЖН-100	100	25	150	12,5	1	100	0,5	66,6	47
ЖН-350	350	90	540	—	—	350	0,5	66	47

3. ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА С СЕЛЕНОВЫМИ ВЫПРЯМИТЕЛЯМИ

Таблица 14

Технические данные по селеновым выпрямителям

Тип выпрямителя	Максимальное выпрямленное напряжение в *в*	Максимальный ток в *а*	Максимальная мощность в *квт*	Напряжение переменного тока в *в*
Для зарядки аккумуляторных батарей				
ВСА-111	0,5—80	0,25—8	—	127—220
ВСА-5*	0—32 32—64	0—12	—	110—127—220
ВСА-6м	12 24 24 12	12 12 24 24	—	110—127—220
Для зарядки аккумуляторных батарей и буферного питания установок связи				
ВС-3Б**-0,75	60	12,5	—	127—220
однофазный ВС-3Б**-1,5	120	6,25 12,5	— —	127—220
трехфазный ВС-3Б-3	120	25	—	127—220
СВ-24-64м***	0—64	0—24	—	110—127—220

* Выпрямитель с плавной регулировкой выпрямленного напряжения в пределах двух степеней.

** Выпрямитель имеет естественное воздушное охлаждение и обеспечивает нормальную работу при температуре окружающего воздуха в пределах от —40 до +50° и влажности воздуха 98%. Допускает транспортировку в автомашине по шоссейным и проселочным дорогам в упакованном виде или установку на амортизаторах. К выпрямителю придается укладочный ящик с запасными частями и инструментом и 25 *м* кабеля двухжильного в резиновом шланге.

*** Стационарный однофазный двухполупериодный селеновый выпрямитель с плавной регулировкой выпрямленного напряжения. Выпрямитель работает при температуре окружающего воздуха в пределах от +5 до +35°.

4. БЛОКИ ПИТАНИЯ

Блоки питания служат для питания коммутаторов диспетчерской связи, небольших УАТС и небольших ручных телефонных станций непосредственно от сети переменного тока 127/220 *в*, частотой 50 *гц*. С выходных клемм блока питания могут быть сняты: напряжение постоянного тока 24 или 60 *в*, в зависимости от назначения блока питания; напряжение переменного тока около 80 *в*, используемое для вызова абонентов.

Таблица 15

Основная характеристика выпускаемых промышленностью блоков питания

Тип блока	Напряжение в *в*	Ток нагрузки в *а*	Предназначается для питания
БП-24/1	24	1	Малых диспетчерских коммутаторов
БПАР-2	24	5—15	Ручных телефонных станций емкостью 100—300 номеров
БПАР-60	60 с автоматической регулировкой	—	Учрежденческих АТС емкостью до 400 номеров

III. РАДИОТРАНСЛЯЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ

Широковещательные радиоузлы на строительных площадках предназначаются для передачи на отдельные участки различных сообщений и распоряжений, для розыска должностных лиц, находящихся на строительной площадке, и для обслуживания жилого поселка (на крупных строительствах). В последнем случае проект устройства широковещательного узла должен быть согласован с местными конторами Министерства связи СССР.

Широковещательный узел состоит из микрофона, усилителя, громкоговорителей и коммутационных устройств (см. табл. 16).

Переносный электромегафон ЭМ-2 предназначен для кратковременной громкой направленной передачи речи (приказаний, команд и т. п.). Расстояние передачи — до 200—300 *м*. Рекомендуется для использования при передаче речи на открытом пространстве и в больших закрытых помещениях.

Основные части электромегафона: дифференциальный электромагнитный малогабаритный шумостойкий микрофон ДЭМШ-1, усилитель мощностью 4 *вт*, рупорный электродинамический громкоговоритель, сухие батареи КБС-Х-0,7 — 6 шт. (12 *в*). Габаритные размеры 355×210×259 *мм*. Общий вес с батареями питания — не более 2,8 *кг*.

Аппарат производственной громкоговорящей связи ПГС-1К предназначен для громкоговорящей связи между производственными пунктами как внутри цехов, так и между ними. Обеспечивает хорошую слышимость телефонных переговоров в самых шумных помещениях. В одну двухпроводную линию (телефонную пару) можно включить до 10 установок. Включение большего количества установок ведет к понижению громкости приема.

Аппарат может использоваться и для односторонней передачи, при этом в пунктах приема микрофон может быть снят.

Питание аппарата производится от сети переменного тока напряжением 127 или 220 *в*.

Усилитель ПГС-1К смонтирован на металлическом шасси. На верхней панели шасси расположены электронные лампы и трансформаторы. На передней вертикальной панели шасси расположены регуляторы громкости, клеммная колодка, переключатель напряжения и предохранитель. Шасси с основанием крепится в металлическом кожухе. Кожух закрывается литой крышкой. В крышку кожуха встроен микрофон. Настройка уровня громкости передачи и приема производится при открытой крышке.

Таблица 16

Технические данные усилителей и радиотрансляционных установок

Тип усилителя или радиотрансляционных установок	Назначение	Номинальная мощность в *вт*	Питание	Элементы установки	Смонтировано
УМ-50	Передача от одного или двух микрофонов динамического типа или от звукоснимателя	50	Только от сети переменного тока напряжением 110, 127 или 220 *в* при частоте питающего напряжения 50 *гц*	В усилителе работает 11 ламп. С сетью соединяется шнуром, оканчивающимся штепсельной вилкой	В стальном корпусе размером 550×300×350 *мм*
ТУ-100* ТУ-50*	Передача от одного или двух микрофонов динамического типа, одного или двух микрофонов и звукоснимателя одновременно, звукоснимателя, радиоприемника, трансляционной или телефонной линии	100—при двух блоках, 50—при одном 50	Переменный ток напряжением 110, 127 и 220 *в*, 50 *гц* То же, 110 127 и 220 *в*, 50 *гц*	Усилитель 100 *в*, радиоприемник ТПС-54 (десятиламповый супергетеродин), граммотор со звукоснимателем, контрольный громкоговоритель, выходное коммутационное устройство, грозоразрядники и предохранители для всех четырех линий	В общем стальном футляре размером 885×415××390 *мм*

* Обеспечивают трансляцию центрального вещания, передачу с граммофонных пластинок, а также передачу из местной студии.

Симметричный вход и выход усилителя и уровень напряжения порядка 2 *в* позволяют использовать в качестве линии связи кабельные телефонные линии предприятия.

В комплект аппарата ПГС-1К входят: усилитель — 1 шт., электродинамический микрофон МД-42 с кнопкой — 1 шт., электродинамический громкоговоритель Р-10 — 1 шт.

Габаритные размеры ПГС-1К — 322×233×196 *мм*. Устанавливается на стене, для чего в задней стенке основания имеются две скобы с отверстиями под крепежные винты.

Таблица 17

Радиомикрофоны и громкоговорители

Тип	Краткая характеристика
	Динамические радиомикрофоны
МД-55	Катушечный микрофон II класса для радиовещания
МД-35	То же, I класса для передачи художественного вещания
МД-46	Односторонне направленный для радиовещания
МД-33а	Катушечный для работы в условиях повышенного уровня шумов
	Громкоговорители
Р-10	Динамический уличный мощностью 10 *вт* для территорий строительных площадок и шумных производственных цехов
ДГФ-5 (фарный)	То же, мощностью 5 *вт*
Нормальный комнатный	Мощностью от 0,5 до 2 *вт* для установки в обычных служебных помещениях и кабинетах

IV. РАДИОТЕЛЕФОННАЯ СВЯЗЬ

Связь по радио организуется в случае необходимости двусторонней телефонной связи с пунктами, к которым прокладка кабеля или воздушных линий оказывается нерентабельной или вовсе не может быть осуществлена, а также для двусторонней телефонной связи с машинистами на подвижных объектах (электровозах, экскаваторах, кранах и т. д.).

Эксплуатировать радиооборудование допускается только после соответствующего разрешения и регистрации в Государственной инспекции электросвязи при Министерстве связи.

1. РАДИОСТАНЦИЯ «УРОЖАЙ»

Радиостанция «Урожай» (У-2) — приемо-передающая, коротковолновая, дуплексная, телефонная. Работает на жесткофиксированных кварцованных частотах. Назначением станции является связь с объектами, удаленными от нее на расстоянии до 30 *км*. Радиостанция типа У-2 обеспечивает беспоисковое вхождение в связь и бесподстроечное ведение связи.

Радиостанция выпускается сериями, имеющими различные частоты:

серия Л	на частоту	2 740 и 2 284	*кгц*
„ М	„ „	2 720 и 2 264	„
„ Н	„ „	2 700 и 2 244	„

Радиостанции различных серий могут сближаться на расстояния не ближе 1 *км*.

Радиостанция «Урожай» позволяет осуществлять или дуплексную связь, или симплексную. При дуплексной связи обеспечивается одновременный двусторонний разговор, аналогичный разговору через нормальный телефонный аппарат.

При работе дуплексом предусмотрена возможность ретрансляции, т. е. автоматической передачи обратно в эфир принятых радиостанцией сигналов, и включения радиостанции в местную телефонную сеть через эфир с абонентами телефонной сети.

Радиостанция работает с двумя антеннами, отдельными для приемника и передатчика. При антеннах длиной 15 *м* обеспечивается надежная связь до 30 *км* в дневное время.

Работа производится от микротелефонной трубки. Для питания цепей высокого напряжения (анодных) имеется умформер РУ-11Б. Моторная цепь умформера, накал ламп и другие цепи низкого напряжения рассчитаны на питание от аккумулятора 12 *в*.

Ток, потребляемый радиостанцией от аккумулятора, равен: при работе дуплексом — около 4,6 *а*, при работе симплексом: на передачу 4,2 *а*, на прием 3,5 *а*, при дежурном приеме 2,8 *а*.

Вес аппаратуры с аккумуляторами питания 22 *кг*. Габариты приемопередатчика 372×235×233 *мм*.

Таблица 18

Лампы радиостанции типа «У»

Обозначение по схеме	Тип	Назначение
Л1	6К7	Усилитель высокой частоты в приемнике
Л2	6А8	Гетеродин и смеситель
Л3	6К7	Усилитель промежуточной частоты
Л4	6Г7	Детектор и усилитель низкой частоты
Л5	6С5	Усилитель низкой частоты (выходная лампа приемника)
Л6	6С5	Лампа модуляторного каскада
Л7	6К7	Буферный каскад передатчика при дуплексе; задающий генератор передатчика при симплексе
Л8	6Ф6	Усилитель мощности передатчика

2. РАДИОСТАНЦИЯ ЖР-3 (ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ)

Радиостанция ЖР-3 — приемо-передающая, симплексная, с частотной модуляцией. Работает на одной жесткофиксированной, стабилизированной кварцем частоте в диапазоне от 2 090 до 2 627 *кгц*. При работе

на железных дорогах предназначается для обеспечения поездной и станционной радиосвязи (устанавливается на паровозе и у диспетчера) при беспоисковом вхождении и бесподстроечном ведении связи. Дальность связи 9—10 *км*. Питание — от сети переменного тока 50 *гц*, 40, 127 и 220 *в*. Выпускается в двух вариантах: а) для установки на паровозе (без стабилизатора напряжения) с выносным переговорным устройством; б) стационарная без выносного переговорного устройства) со стабилизатором напряжения.

В условиях строительных организаций радиостанция ЖР-3 может быть использована для связи с машинистами экскаваторов и других крупных строительных машин, а также для связи в пределах протяженной строительной площадки с отдельными объектами.

3. АВТОМОБИЛЬНАЯ РАДИОСТАНЦИЯ АРС

Автомобильная радиостанция служит для связи санитарной машины с диспетчерским пунктом. Надежная двусторонняя связь обеспечивается в радиусе до 30 *км*.

Радиостанция АРС предназначена для работы механическим полудуплексом и имеет один канал связи в диапазоне частот 36—46 *мгц*; мощность передатчика — не менее 10 *вт*; чувствительность приемника 1,5 *мкв*; модуляция частотная с девиацией ±7 *кгц*; питание радиостанции осуществляется от стартерного аккумулятора напряжением 6 *в*.

Для поддержания связи с автомашиной на центральном диспетчерском пункте устанавливается радиостанция ЦРС.

Комплект аппаратуры состоит из: приемопередатчика с вызывным устройством, смонтированным на одной общей стойке, и телефонного аппарата с номеронабирателем и громкоговорителя.

Мощность передатчика не менее 80 *вт*; чувствительность приемника 20 *мкв*; питание от сети переменного тока напряжением 220 *в*; мощность, потребляемая от сети: при приеме 200 *вт*, при передаче 600 *вт*.

Комплекты радиостанций АРС и ЦРС в условиях строительных организаций могут быть использованы также для связи с машинистами строительных машин.

V. ЛИНЕЙНЫЕ СООРУЖЕНИЯ УСТАНОВОК СВЯЗИ НА СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДКАХ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Ввиду сравнительно небольшого срока службы линейных сооружений строительных площадок экономически целесообразно устраивать совмещенные комплексные электрослаботочные сети для административно-хозяйственной и диспетчерской телефонной связи; для радиофикации требуется устройство самостоятельной сети.

Комплексная электрослаботочная сеть может выполняться телефонными кабелями, подвешиваемыми на тросе по столбам, специально устанавливаемым для линий связи, а также воздушными стальными проводами.

Подвеска линий связи на общих опорах с линиями сильного тока запрещается, за исключением радиотрансляционных линий,

которые разрешается подвешивать на одних опорах с проводами воздушных линий электропередачи напряжением не более 380/220 *в*.

Комплексная сеть должна быть построена по бесшкафной системе, при которой все телефонные кабели, выходящие из кросса телефонной станции, прокладываются непосредственно до конечных распределительных устройств.

Общая емкость телефонных кабелей, отходящих от кросса телефонной станции, должна соответствовать количеству всех абонентских точек, включенных в сеть, и включать эксплуатационный запас в пределах 20% на развитие сети.

Таблица 19

Основные электрические параметры кабельных линий телефонных сетей

Наименование участка	Система станции	Наибольшая допустимая величина
Затухание в неперах[1]		
От аппарата абонента до другого аппарата при внутригородском соединении .	Для всех систем	2,5
От междугородной станции до аппарата абонента	То же	0,75
Сопротивление в ом		
От АТС до аппарата абонента (без аппарата абонента) при системе станции . .	АТС-47	1 000
То же	Маш. АТС	2 000
»	ЦБ-3	800
»	ЦБ-2	1 000
»	МБ-2	2 000

1 Непер равен 8,7 *дб* (децибела).

2. КАБЕЛИ ТЕЛЕФОННЫЕ

Таблица 20

Основные марки кабелей и условия их прокладки

Марка	Наименование	Условия применения
ТГ	Кабель городской телефонный в свинцовой оболочке, голый	Для прокладки в подземной канализации и подвески к стальным тросам
ТБ	Кабель городской телефонный в свинцовой оболочке, бронированный двумя стальными лентами с наружным покровом из кабельной пряжи	Для прокладки в земле при уклонах не более 45° и при отсутствии растягивающих нагрузок на кабель
ТРК	Распределительный телефонный кабель в свинцовой оболочке	Для прокладки по стенам зданий (внутри и снаружи), для зарядки плинтов и боксов в шкафах и распределительных коробках
ТРВК	Телефонный абонентский кабель в полихлорвиниловой оболочке	Для абонентской проводки внутри зданий
ТРВКЭ	То же	Для абонентской проводки по наружным стенам зданий

Продолжение табл. 20

Марка	Наименование	Условия применения
ТРВКШ	Телефонный распределительный кабель с изоляцией жил и в общей оболочке из полихлорвинила	Для прокладки внутри зданий по стенам (5, 10 и 20 пар)
ТСШ	Телефонный станционный кабель в полихлорвиниловой оболочке	Для станционного монтажа в помещениях с относительной влажностью более 65% по верхним желобам и подпольным каналам
ТСО	Телефонный станционный кабель в оплетке	Для станционного монтажа в помещениях с относительной влажностью не более 65% в основном по верхним желобам

Примечание. Телефонные кабели выпускаются с жилами диаметром 0,4, 0,5, 0,6 и 0,7 *мм*.

Таблица 21

Размеры и вес телефонных кабелей различных марок при диаметре жилы 0,5 *мм*

Номинальное число пар в кабеле	ТГ		ТБ		ТРК		ТРВКШ	
	максимальный наружный диаметр в *мм*	максимальный общий вес в *кг/км*	наружный диаметр в *мм*	общий вес в *кг/км*	наружный диаметр в *мм*	общий вес в *кг/км*	наружный диаметр в *мм*	общий вес в *кг/км*
5	8	310	16,2	660	—	—	13	132
10	10	430	18,1	820	—	—	15	197
20	12	670	21,6	1 190	—	—	21	378
30	14	820	23,6	1 400	14	640	24	499
40	16	940	25,1	1 550	15	695	—	—
50	17	1 130	26,8	1 790	17	886	—	—
70	19	1 360	29,3	2 090	20	1 170	—	—
80	20	1 460	30,3	2 220	—	—	—	—
100	23	1 680	32,5	2 560	23	1 500	—	—

Размеры и вес кабелей марок ТРВК и ТРВКЭ

Марка	Число пар	Диаметр жил в *мм*	Наружный диаметр в *мм*	Вес кабеля в *кг/км*
ТРВК . .	1	0,5	2,9	18
ТРВКЭ	1	0,5	5,9	21

Таблица 22

Конструктивные данные телефонных станционных кабелей

Система скрутки (число групп и число жил в группе)	Наружный диаметр кабеля в *мм*	Вес медных жил в *кг/км*	Расчетный вес кабеля в *кг/км*
	Кабели марки ТСО		
5×3	8	28	61
11×3	11	61	145
21×2	12,5	74,5	174
11×4	12,5	78	175
21×3	13	115	235
26×3	14,5	143	283
63×3	20	346	618
105×2	23,5	374	693
	Кабели марки ТСШ		
5×3	10	28	115
10×3	12	55,7	176
21×2	13	77,7	224
11×4	13	82	225
15×3	15	83,6	228
21×3	16	117	286
26×3	16	145	343
102×2	25	379	833

Таблица 23

Основные электрические характеристики телефонных кабелей

Марка кабеля	Сопротивление жилы постоянному току в *ом/км* не более	Сопротивление изоляции в *мгом/км* не менее	При испытании прочности на пробой кабель должен выдерживать напряжение переменного тока 50 *гц* в *в*
ТГ	⌀ 0,5 *мм*—95 ⌀ 0,6 „ —65,8 ⌀ 0,7 „ —48	2 000	500 — в течение 2 мин.
ТРК и ТРВКШ	95	100	300 — „ „ 3 „
ТРВКЭ	—	50 (кабель емкостью 1×2 с жилой ⌀ 0,5 *мм* после пребывания в воде в течение 6 час.)	—

3. КАБЕЛЬНАЯ АРМАТУРА, ПРИМЕНЯЕМАЯ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ТЕЛЕФОННОЙ СЕТИ

а) Свинцовые соединительные и распределительные муфты — для соединительных и разветвительных отпаек телефонного кабеля.

б) Распределительные коробки емкостью 10×2 линий — для установки на стенах зданий в качестве концевых заделок для кабеля 10×2.

в) Кабельные ящики емкостью 10×2 и 20×2 линий для установки

на столбах или стойках для концевой заделки кабелей при переходе с кабельной линии на воздушную. Кабельные ящики снабжены угольными разрядниками (грозозащита) и предохранителями.

Для кроссировки от кабельных ящиков до проводов воздушной линии и для вводов в здания воздушных проводов применяется витой провод ЛТВ с жилами диаметром 0,6 *мм*.

4. ПРОВОДА (ЛИНЕЙНАЯ ПРОВОЛОКА) ДЛЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ СВЯЗИ; ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ПО УСТРОЙСТВУ ЛИНИЙ СВЯЗИ

Таблица 24

Наименование, марка и условия применения проволоки

Наименование	Диаметр в *мм*	Марка	Условия применения
Проволока стальная медистая (линейная)	1,5 2 2,5 3 4 5	М1,5 М2 М2,5 М3 М4 М5 — по ГОСТ 1668-46	Применяется для подвески по столбовым и стоечным линиям при отсутствии вредных влияний
Проволока стальная обыкновенная (линейная)	1,5 2 2,5 3 4 5	1,5 2 2,5 3 4 5 — по ГОСТ 1668-46	То же
Проволока биметаллическая (линейная)	1,2 1,5 2 3 4	1,2 1,5 2 3 4 — по ГОСТ 3822-47	Применяется для подвески по столбовым и стоечным линиям главным образом при наличии коррозии на стальных проводах
Проволока стальная перевязочная спаечная	1 1,2 1,4 2 2,5	1 1,2 1,4 2 2,5 — ОСТ 11458-39	Применяется для скрепления отдельных концов проволоки и для прикрепления проводов к изоляторам

Таблица 25

Размеры и вес стальной оцинкованной проволоки (медистой и обыкновенной) по ГОСТ 1668-46

Номинальный диаметр в *мм*	Предел прочности при растяжении в *кг/мм²*	Расчетный вес 100 *пог. м* в *кг*	Внутренний диаметр мотка в *мм*	Вес мотка в *кг*
1,5	65	13,9	300—600	10
2	65	24,7	300—600	20
2,5	37	38,5	300—600	20
3	37	55,5	300—600	25
4	37	98,6	500—700	40
5	37	154	500—700	50

Таблица 26

Размеры и вес биметаллической проволоки (по ГОСТ 3822-47)

Номинальный диаметр в *мм*	Толщина медной оболочки в *мм*	Предел прочности при растяжении в *кг/мм²*	Расчетный вес 1 000 *пог.м* в *кг*	Вес мотка в *кг*	Внутренний диаметр в *мм*
1,2	0,15	75	9,4	10	300—600
1,5	0,15	75	14,7	10	300—600
2	0,15	75	26,8	15	300—600
3	0,3	75	59,2	25	300—600
4	0,4	75	105,7	40	500—700

Таблица 27

Размеры и вес стальной спаечной и перевязочной проволоки (ОСТ 11458-39)

Диаметр проволоки в *мм*	Расчетный вес 1 000 *пог. м* в *кг*	Вес мотка в *кг*	Внутренний диаметр мотка в *мм*
1	6,17	5	300—700
1,2	8,87	10	300—700
1,4	12,1	10	300—700
2	24,7	15	300—700
2,5	38,5	20	300—700

Таблица 28

Габариты воздушных линий связи

Характеристика габарита	Наименьшая величина габарита в *м*
Расстояние между нижним проводом одной и верхним проводом другой линии связи на их пересечении при наинизшей и наивысшей температуре	0,6
Расстояние по вертикали между пересекающимися проводами линии связи и проводами линии электропередачи напряжением не более 1 *кв*	1,25
Расстояние между наинизшей точкой нижнего провода линии связи и коньком крыши	1,5
Расстояние между нижним проводом линии связи и головкой рельса при переходе линии связи через железнодорожное полотно нормальной и узкой колеи	7,5
Расстояние между нижним проводом линии связи и тросом, несущим контактный провод электрифицированной железной дороги	2
Расстояние до провода линии связи, считая для трамвая от головки рельса и для троллейбуса от поверхности дорожного полотна, при пересечении с контактным проводом трамвая или троллейбуса	8
Расстояние от земли до нижнего провода линии связи при переходах через шоссейные, грунтовые и полевые (степные) дороги	5,5
Расстояние от земли до нижнего провода линии связи, проходящей в черте населенных пунктов	4,5
Расстояние от наиболее высоких мачт судов, проходящих по данному водному пути во время наибольшего половодья, до нижнего провода линии связи при переходе ее через реки и каналы	1
Расстояние от ветвей деревьев до проводов линий связи в городах	1,25
Расстояние от строений до центра опор линий связи, проходящих мимо домов, будок, казарм и прочих сооружений	3,5
Расстояние по горизонтали от опоры калиброванного пролета до ближайшего провода линии сильного тока	10
Расстояние по горизонтали от опор столбовой линии до головки ближайшего рельса при прохождении линии вдоль железнодорожного полотна	1 1/3 высоты опоры
Расстояние между осями линии связи, идущих параллельно друг другу	8,5
Горизонтальное расстояние от места пересечения проводов до ближайшей опоры линии сильного тока не менее	5

Таблица 29

Нормальные стрелы провеса проводов на воздушных линиях связи

Температура в тени в град.	Длина пролета в *м*	
	40	50
	Стрела провеса в *см*	
—30	9	15
—25	10	16
—20	11	17
—15	11	18
—10	12	19
— 5	13	20
0	14	22
+ 5	15	24
+10	17	26
+15	18	28
+20	20	31
+25	23	34
+30	25	37

Таблица 30

Изоляторы и крюки для линий связи

Назначение	Изоляторы			Крюки	
	тип	размеры в *мм*		тип	вес в *кг*
		высота	ширина		
Для стальных проводов диаметром 5—4 *мм* и для проводов из цветных металлов	ТФ-2 ТС-2 ШО-70	108 120	75 80	КН-20 КН-18	1,05 0,85
Для стальных проводов диаметром 3 *мм*	ТФ-3 ТС-3 ШО-16 ШОС-16	86 87	61 61	КН-16	0,5
Для проводов диаметром 3—2, 5—2 *мм*	ТФ-4 ТС-4 ШО-12 ШОС-12 ТФ-5 и ТС-5	67 70 47	49 56 40	КН-12 КР-10	0,21 —
Для оборудования вводов проводами диаметром 4—5 *мм*	ВБ	132	92	КН-18	0,85
То же, диаметром 3 *мм*	ВМ	103	70	КН-16	0,5

5. ЗАЗЕМЛЕНИЕ В ТЕХНИКЕ ПРОВОДНОЙ СВЯЗИ

Таблица 31

Виды и назначение заземления[1]

Вид заземления	Назначение
Рабочее	Подключение к земле аппаратуры проводной связи и радиотрансляционных узлов с целью использования земли в качестве обратного провода
Защитное	Соединение с землей молниеотводов, разрядников, а также металлических частей силового оборудования устройств связи
Экранное и экранно-батарейное	Соединение с землей металлических оболочек и экранов шнуров, экранов аппаратов или одного из полюсов батареи на телефонных станциях и радиотрансляционных узлах
Измерительное	Контрольное измерение величины сопротивления заземления[2]

[1] Общие вопросы устройства заземлений см. в главе I раздела пятого.

[2] Величина сопротивления заземлений должна соответствовать ГОСТ 464-51.

РАЗДЕЛ ОДИННАДЦАТЫЙ

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1) При эксплуатации электроустановок на строительстве в части техники безопасности следует руководствоваться «Правилами техники безопасности для строительно-монтажных работ» (Госстройиздат, 1959); «Правилами техники безопасности при эксплуатации электротехнических установок промышленных предприятий»[1]; «Правилами устройства электроустановок» бывш. Министерства электростанций СССР.

2) В отношении мер безопасности электроустановки подразделяются на установки номинальным напряжением до 1 000 *в* включительно и на установки напряжением выше 1 000 *в*.

3) Классификация помещений по степени опасности поражения людей электрическим током:

а) помещения без повышенной опасности; характеризуются отсутствием условий, создающих «повышенную опасность» и «особую опасность», указанных ниже в пп. «б» и «в»;

б) помещения с повышенной опасностью; характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость или проводящая пыль; токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т. п.); высокая температура; возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлическим конструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т. п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования — с другой;

в) особо опасные помещения; характеризуются наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность: особая сырость, химически активная среда, одновременное наличие двух или более условий повышенной опасности.

Электроустановки вне помещений на строительных площадках (на открытом воздухе) приравниваются к особо опасным помещениям.

4) Требования к персоналу, обслуживающему электроустановки:

а) лица, обслуживающие электроустановки, должны быть психически здоровыми и не иметь увечий или болезней, мешающих производственной работе. Список болезней (противопоказаний), препятствующих приему на работу по обслуживанию действующих электроустановок, утвержден приказом Министерства здравоохранения СССР от 7 сентября 1957 г.; тем же приказом введены периодические — один раз в 2 года — медицинские осмотры лиц, обслуживающих электроустановки;

[1] В 1960 г. предполагается выпуск «Правил технической эксплуатации и безопасного обслуживания электроустановок промышленных предприятий», в которые будут включены и требования техники безопасности.

б) каждый рабочий и инженерно-технический работник, занятый на эксплуатации электроустановок, обязан пройти проверку в квалификационной комиссии знаний правил техники безопасности в объеме, соответствующем его должности. По результатам проверки работнику присваивается определенная квалификационная группа, о чем ему выдается именное удостоверение, подтверждающее его право на работу в электроустановках. Работникам, обслуживающим установки напряжением выше 1 000 *в*, выдается удостоверение по форме, отличающейся от такого же удостоверения для работников, обслуживающих установки напряжением до 1 000 *в*.

Проверка знаний правил повторяется ежегодно.

II. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ К УСТРОЙСТВУ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ

1. ТРЕБОВАНИЯ К УСТРОЙСТВУ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

1) Голые токоведущие части электроустановок (например, голые провода или шины, зажимы электрических машин и аппаратов, контакты рубильников и предохранителей), доступные случайным прикосновениям, должны быть закрыты надежными ограждениями (кожухами, крышками, дверцами); указанные ограждения должны быть так устроены, чтобы не было возможности их снять (открыть) без специальных ключей или инструментов.

2) Рубильники должны быть снабжены кожухами, не имеющими открытых отверстий и щелей для перемещения рукоятки. Рекомендуется вместо рубильников устанавливать закрытые пусковые ящики заводского изготовления с рубильником и предохранителями.

3) Металлические части строительных машин и механизмов с электроприводом, корпусы электрических машин, аппаратов и электроинструментов, металлические кожухи пусковых и других устройств, не находящиеся под напряжением при их нормальном состоянии, но могущие оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, должны быть заземлены. Заземление выполняется различно в зависимости от напряжения и системы электроснабжающей сети — с глухозаземленной или с изолированной нейтралью трансформаторов или генераторов (см. указания в разделе пятом, гл. I). Заземление передвижных механизмов и электроинструментов осуществляется посредством заземляющей жилы кабеля (провода), питающего механизм или электроинструмент[1].

4) Осветительная арматура и патроны для электрических ламп напряжением 127 *в* и выше должны подвешиваться на высоте не менее 2,5 *м*; в противном случае должно применяться напряжение не выше 36 *в*.

5) Ламповые патроны с поврежденными изоляционными деталями, а также металлические патроны без осветительной аппаратуры применять не допускается.

[1] Подробные указания по выполнению заземления передвижных установок приведены в «Инструкции по заземлению передвижных строительных механизмов и электрифицированного инструмента», утвержденной Госстроем СССР 25 декабря 1958 г., Госстройиздат, 1959.

6) Для временной проводки на лесах, подмостях и т. п. должны применяться только изолированные провода; при этом на высоте до 2,5 *м* от земли, пола или настила провода должны быть ограждены или заключены в стальные трубы.

7) Подземные выработки. В подземных установках должны применяться электрические сети только с изолированной нейтралью, выполненные изолированными проводами; при этом для сетей освещения и сигнализации допускается напряжение не выше 36 *в*; питание электрического освещения должно осуществляться от двух различных источников энергии; должно быть обеспечено аварийное освещение от самостоятельного источника.

2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1 000 *в*

1) Все ремонтные и монтажные работы на токоведущих частях (или вблизи них), а также работы по присоединению и отсоединению проводов в действующих электроустановках напряжением выше 36 *в* должны производиться при снятом напряжении. О порядке производства работ см. ниже — п. 8.

2) Аварийные работы в электроустановках напряжением не выше 380 *в* в виде исключения допускаются без снятия напряжения при условии принятия дополнительных мер предосторожности, а именно: электромонтеры должны работать в диэлектрических галошах (или стоять на изолирующем основании) и пользоваться инструментами с изолированными рукоятками (или работать в диэлектрических перчатках), работать с застегнутыми у кистей рук рукавами одежды и в головном уборе; соседние токоведущие части и заземленные конструкции должны быть ограждены изолирующим материалом; квалификация производителя работ должна быть не ниже группы IV. Такие работы в помещениях сырых, с токопроводящей пылью и едкими парами, а также в помещениях, опасных в отношении пожаров и взрывов, не допускаются.

3) Никакие ремонтные, монтажные и аварийные работы, связанные с подъемом на столбы воздушных линий под напряжением, ни при каких условиях не допускаются.

4) Не допускается оставлять незаизолированные концы проводов или кабелей после демонтажа того или иного токоприемника или прибора.

5) Смену плавких вставок предохранителей следует производить при снятом напряжении. Для трубчатых и пробочных предохранителей допускается смена под напряжением, но при обязательном снятии нагрузки; при этом смену трубчатых предохранителей следует производить в очках и диэлектрических перчатках (или с помощью изолирующих клещей, изолирующих ручек и т. п.), стоя на изолирующем основании (или в диэлектрических галошах). Смена вставок пластинчатых предохранителей под напряжением не допускается.

6) Не допускается ввертывать или вывертывать электрические лампы под напряжением. При невозможности снятия напряжения эта работа должна выполняться в диэлектрических перчатках.

7) Производство ремонта электродвигателя и его пусковой аппаратуры во время работы электродвигателя не допускается. При пуске

электродвигателей необходимо своевременно предупреждать рабочих, обслуживающих приводимые этими двигателями машины.

8) Порядок производства работ в действующих электроустановках напряжением до 1 000 *в* установлен «Правилами техники безопасности при эксплуатации электротехнических установок промышленных предприятий» (глава V). В частности, по этим правилам ремонтные и наладочные работы в распределительных устройствах, на щитах и силовых сборках, на воздушных и кабельных вводах, на воздушных и кабельных линиях должны выполняться по наряду и не менее чем двумя лицами.

Во всех случаях для обеспечения безопасности работающих до начала работ на отключенной части установки необходимо:

а) на всех рубильниках, рукоятках или кнопках автоматов и магнитных пускателей, через которые может быть подано напряжение на отключенную часть установки, вывесить плакаты: «Не включать — работают люди»; кроме того, рекомендуется вынуть плавкие вставки у соответствующих предохранителей;

б) на месте работ проверить указателем напряжения или контрольной лампой отсутствие напряжения и после проверки заземлить и закоротить все фазы на отключенном участке.

3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1 000 *в*

1) Все ремонтные работы в действующих электроустановках напряжением выше 1 000 *в* могут производиться только при снятом (выключенном) напряжении по специально выдаваемым нарядам и не менее чем двумя лицами. Выдача нарядов, производство отключений, вывешивание предостерегающих плакатов, ограждение места работ, проверка отсутствия напряжения, наложение заземлений и закороток и оформление допуска монтажного (или ремонтного) персонала к месту работы должны производиться в строгом соответствии с «Правилами техники безопасности при эксплуатации электротехнических установок промышленных предприятий» бывш. Министерства электростанций.

2) Все помещения, в которых размещено оборудование, работающее при напряжении выше 1 000 *в*, должны быть всегда заперты.

3) Ко всякой действующей установке напряжением выше 1 000 *в*, отключенной на некоторое время, необходимо относиться с такой же осторожностью в отношении мер безопасности, как и к работающей.

4) Всякого рода оперативные переключения в устройствах напряжением выше 1 000 *в* должны производиться двумя лицами, из которых квалификация старшего должна быть не ниже IV группы, а младшего — не ниже III группы.

5) Включение и отключение разъединителей изолирующей штангой, включение и отключение выключателей и разъединителей ручным приводом следует производить в резиновых диэлектрических перчатках, а на открытой части подстанций, кроме того, — в диэлектрических галошах.

6) Постановку и снятие предохранителей следует производить в предохранительных очках и резиновых перчатках при помощи изолирующих клещей, стоя на изолирующем основании.

7) Операции с пусковыми устройствами электродвигателей напряжением выше 1 000 *в*, имеющим ручное управление, должны произво-

диться в диэлектрических перчатках. Перед пусковыми устройствами должны быть установлены деревянные решетки на изоляторах.

4. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ[1]

1) Все ремонтные работы, связанные с подъемом на опоры на действующих воздушных линиях напряжением до и выше 1 000 *в*, могут производиться только при снятом с линии напряжении (т. е. на выключенных линиях) не менее чем двумя лицами по специально выдаваемым нарядам.

После отключения линии на рубильниках или на линейных разъединителях, через которые может быть подано напряжение на линию, вывешиваются плакаты «Не включать — работа на линии».

На месте работ до их начала должно быть проверено отсутствие на линии напряжения и должны быть наложены заземления на все провода и тросы. Провода линий напряжением выше 1 000 *в* заземляются, кроме того, на конечных пунктах (с двух сторон).

Порядок работ на линиях установлен теми же правилами бывш. Министерства электростанций.

Запрещено производство работ на линиях во время грозы и при ее приближении.

Запрещается влезать на вновь установленную опору до полного ее закрепления.

2) Ремонтные работы на действующих воздушных линиях, не связанные с подъемом на опору (смена насынков, подтяжка бандажей и др.), разрешается производить без отключения линий.

3) При обходах и осмотрах действующих воздушных линий подниматься на опоры запрещается. При обходе линии обходчик должен всегда считать, что линия находится под напряжением. При обнаружении провода, оборвавшегося и лежащего на земле или свесившегося, обходчик должен принять меры для предупреждения возможного приближения к проводу проходящих людей.

4) Оперативные переключения на воздушных переключательных пунктах и на воздушных (столбовых) подстанциях могут производиться одним лицом, имеющим квалификацию не ниже IV группы.

5) Включение и отключение столбовых разъединителей следует производить в резиновых диэлектрических перчатках. Производство переключений и смена предохранителей во время грозы запрещаются.

5. ЭКСПЛУАТАЦИЯ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

1) Рытье траншей и котлованов в местах прохождения кабелей должно производиться с особой осторожностью, а начиная с глубины 0,25—0,4 *м*, — только при помощи лопат во избежание повреждения кабелей и возникновения несчастных случаев. Раскопки зимой на глубине ниже 0,25—0,4 *м* в местах прохождения кабелей должны производиться с отогреванием земли; отогретую землю следует отбрасывать лопатами; применение ломсз и других подобных инструментов запрещается. Котлованы должны быть прочно ограждены и на них следует выставлять соответствующие предупредительные знаки.

[1] Приведенные указания касаются воздушных линий напряжением до 35 *кв* включительно.

2) Перекладка кабелей. Перекладка, отводы и сдвиги кабелей и переноска кабельных муфт, как правило, должны производиться только после отключения кабеля и снятия статического заряда со всех его жил.

При разгрузке барабана с кабелем нельзя сваливать его на землю. Барабан необходимо спускать по наклонным брусьям, оттягивая его веревками в противоположную сторону.

Барабан с кабелем должен быть установлен на домкратах устойчиво, так чтобы при разматывании кабеля барабан не качался.

До начала раскатки кабеля все выступающие из барабана гвозди должны быть удалены, а концы кабеля закреплены.

При ручной прокладке кабеля число рабочих должно быть таково, чтобы на каждого приходилось не более 35 *кг* веса кабеля.

3) Ремонтные работы на действующих кабельных линиях. Работы на кабельных линиях напряжением до 1 000 *в* и выше должны производиться по наряду и не менее чем двумя лицами. Производство работ допускается только после отключения кабеля и заземления отключенных концов; на кабелях напряжением до 1 000 *в* вместо заземления на концах кабеля разрешается вывешивать плакаты «Не включать — работают люди». При наличии четвертого (нулевого) провода последний должен быть также отсоединен с обеих сторон.

При повреждении кабеля прикасаться к броне кабеля как рукой, так и какими-либо предметами запрещается, пока кабель не будет отключен и заземлен.

Переносные лампы при работах на кабельных линиях допускаются на напряжение не выше 12 *в*.

Резка кабеля и вскрытие муфт производятся только в присутствии производителя работ или мастера. До начала работ по резке кабеля необходимо по чертежу установить, что подлежащий ремонту кабель действительно тот, с которого было снято напряжение; при наличии специальных приспособлений для прокола кабеля (ручной или механизированный прибор) до начала резки производится прокол кабеля в месте, предназначенном для перерезания.

Работы по резке кабеля (или вскрытию муфты) производят, стоя на сухих досках или на резиновом коврике. Кроме того, монтер должен надеть резиновые боты или диэлектрические галоши, резиновые перчатки и предохранительные очки; резку кабеля следует производить осторожно, держа ножовку за деревянную ручку, не касаясь при этом никаких металлических частей. Ножовка должна быть заземлена.

6. ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫЙ ИНСТРУМЕНТ И ПЕРЕНОСНЫЕ ЛАМПЫ

1) В помещениях без повышенной опасности допускается работа с электроинструментом напряжением не выше 220 *в*.

2) При работе в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных, а также вне помещений должны применяться электроинструменты, работающие на напряжении не выше 36 *в*; при этом в случаях работы в металлических резервуарах, баках, котлах и т. п. должны применяться диэлектрические перчатки, диэлектрические галоши и резиновые коврики.

В помещениях с повышенной опасностью (но не в особо опасных и не в наружных установках) в виде исключения допускаются работы

с электроинструментом на напряжении 127 и 220 *в*, но с обязательным применением диэлектрических перчаток и галош.

3) Корпусы электроинструментов напряжением выше 36 *в* должны быть заземлены при всех условиях работы; также должно выполняться во всех случаях заземление корпусов и одного из зажимов стороны низшего напряжения трансформаторов, понижающих напряжение для электроинструментов (до 127 или 36 *в*). Для питания электроинструмента должны применяться шланговые кабели: при трехфазном токе — с четырьмя жилами, а при однофазном токе — с тремя жилами, одна из которых служит для заземления.

4) Переносные лампы при производстве строительно-монтажных работ допускаются к применению только на напряжение 36 *в*, а в помещениях, особо опасных (в особо сырых местах, в колодцах, котлах, цистернах, металлических резервуарах, на металлических конструкциях и т. п.), а также вне помещений должны применяться лампы на напряжение 12 *в*. Присоединение светильников производится исправным гибким проводом, заключенным в общую оплетку или шланг, на конце которого должна быть штепсельная вилка.

5) У понижающих трансформаторов обмотки первичного и вторичного напряжений должны быть электрически разделены. Один из выводов вторичной обмотки либо нейтраль должны быть заземлены. Применение автотрансформаторов, дроссельных катушек и реостатов для получения безопасного пониженного напряжения не допускается.

7. РАБОТЫ ПО ЭЛЕКТРОПРОГРЕВУ

1) Участок стройки, где производится электропрогрев, должен быть огражден и в ночное время освещен. На ограждениях вывешиваются предостерегающие плакаты. Все электромонтажные работы на площадках электропрогрева должны вестись только при отключенном напряжении. В случае особой необходимости разрешается производить работы и осмотры под напряжением до 60 *в*, при этом электромонтеры должны быть в диэлектрических галошах и диэлектрических перчатках.

2) В зоне работ электропрогрева должны быть установлены сигнальные лампы, загорающиеся при подаче напряжения в сеть электропрогрева.

3) Поливку бетона разрешается производить только при снятом напряжении.

4) Временная сеть для электропрогрева должна быть выполнена из изолированных проводов. На самой площадке, где осуществляется электропрогрев бетона, провода должны прокладываться так, чтобы на них не могли наступить или наехать тачками рабочие-бетонщики.

5) У распределительных щитов и трансформаторов, служащих для электропрогрева, на стороне с напряжением выше 60 *в* должны быть установлены изолирующие решетки (на изоляторах или покрытые резиновыми ковриками).

8. РАБОТА И ПЕРЕДВИЖЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН ВБЛИЗИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

1) Работа экскаваторов, стреловых кранов и других аналогичных машин непосредственно под проводами действующих воздушных линий электропередачи любого напряжения запрещается.

2) Работа указанных машин вблизи воздушных линий электропередачи допускается только при условии, если расстояние по горизон-

тали между крайней точкой механизма, тросами или грузом (при наибольшем вылете) и ближайшим проводом линии электропередачи будет не менее:

1,5 *м*	при	напряжении	линии	до	1	*кв*
2 „	„	„	„	„	1—20	„
4 „	„	„	„	„	35—110	„
5 „	„	„	„	„	154	„
6 „	„	„	„	„	220	„

3) При передвижении строительных машин, а также при перевозке оборудования под проводами действующих линий электропередачи расстояние по вертикали между самой верхней точкой машины (оборудования) и наинизшим проводом должно быть не менее:

1 *м*	при	напряжении	линии	до	1	*кв*
1,5 „	„	„	„	„	1—20	„
2,5 „	„	„	„	„	35—220	„

4) При невозможности соблюдения условий, указанных выше, с линии электропередачи должно быть снято напряжение на время работы машин или их перемещения.

III. НОРМЫ И СРОКИ ИСПЫТАНИЙ ЗАЩИТНЫХ СРЕДСТВ И ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Таблица 1

Нормы и сроки периодических (контрольных) испытаний защитных средств

Наименование защитных средств	Рабочее напряжение установки в *кв*	Испытательное напряжение в *кв*	Продолжительность испытания в мин.	Ток утечки в *ма*	Периодичность испытаний
Перчатки диэлектрические	До 1	2,5	1	2,5	6 месяцев
	Выше 1	6	1	7	6 „
Галоши „	До 1	3,5	1	2	6 „
Боты „	Для всех напряжений	15	1	7,5	6 „
Изолирующие подставки	То же	40	1	—	3 года
Резиновые ковры-дорожки (маты диэлектрические)	Выше 1	15	Протягивание со скоростью 2—3 *см/сек*	15	2 „
Резиновые ковры-дорожки (маты резиновые)	До 1	5	То же	5	2 „
Указатели напряжения:					
а) собственно указатель	„ 10	20	1	—	6 месяцев
б) изолирующая часть (держатель)	„ 10	40	5	—	6 „
Указатели напряжения:	Выше 10 до 35				
а) собственно указатель	—	20	1	—	6 „
б) держатель	—	105	5	—	6 „
Токоизмерительные клещи	До 10	40	1	1,4—1,7	1 год
Изолирующие „	35 и ниже	Трехкратное линейное, но не ниже 40 *кв*	5	—	1 „
Изолирующие штанги	До 110	То же	5	—	1 „
Монтерский инструмент с изолирующими ручками	„ 1	3	1	—	6 месяцев

Таблица 2

Нормы и сроки испытаний приспособлений

Наименование приспособления	Испытательная нагрузка (статическая) в *кг*		Продолжительность статических испытаний в мин.	Периодичность испытаний
	при приемочных испытаниях и после капитального ремонта	при периодических испытаниях		
Предохранительные пояса, страхующие канаты	300	225	5	Один раз в 6 месяцев
Монтерские когти	180	135	5	То же
Лестницы веревочные, деревянные и металлические	200	200	5	»

IV. ПРАВИЛА ОКАЗАНИЯ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ ПОСТРАДАВШИМ ОТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Основным правилом оказания первой помощи является: быстрейшее освобождение пострадавшего от тока и немедленный переход к оказанию ему первой помощи (прежде всего искусственного дыхания). Промедление может повлечь гибель пострадавшего.

1. ОСВОБОЖДЕНИЕ ПОСТРАДАВШЕГО ОТ ТОКА

1) В первую очередь следует как можно быстрее отключить ту часть электроустановки, которой касается пострадавший. При этом должны быть приняты меры к тому, чтобы пострадавший не мог разбиться при падении (если он поражен током на высоте).

2) При невозможности быстрого отключения установки должны быть приняты меры к отделению пострадавшего от токоведущих частей.

При напряжении до 1 000 *в* можно оттянуть пострадавшего от токоведущих частей, взявшись за его одежду, при этом рекомендуется действовать одной рукой, изолировав ее сухой одеждой (или надев резиновые перчатки). Когда ток проходит через человека в землю, следует отделить пострадавшего от земли, например подсунуть под него сухую доску или оттянуть тем или иным способом его ноги от земли.

В установках напряжением выше 1 000 *в* принятие перечисленных выше мер по освобождению пострадавшего — значительно опаснее. Поэтому их можно принимать только, надев боты, диэлектрические резиновые перчатки, и действовать изолирующей штангой или клещами.

На воздушных линиях, если освобождение пострадавшего от тока не может быть осуществлено одним из указанных выше способов быстро и безопасно, необходимо замкнуть накоротко (набросом) и надежно заземлить все провода линии (согласно общим правилам техники безопасности). Заземляя или закорачивая линию, необходимо

сначала соединить с землей применяемый для этого провод, а затем уже набросить его на подлежащие заземлению линейные провода, предварительно выпустив набрасываемый провод из рук.

2. МЕРЫ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ

Если пострадавший в сознании, но до этого был в обмороке или долгое время был под током, его необходимо направить или доставить к врачу.

Если пострадавший без сознания и плохо дышит — очень резко и судорожно, как умирающий, ему должна быть немедленно оказана первая помощь в виде искусственного дыхания с одновременным вызовом врача.

При отсутствии признаков жизни (дыхания, сердцебиения, пульса) нельзя все же считать пострадавшего мертвым: смерть часто бывает кажущейся (мнимой). При оживлении мнимоумершего бывает дорога каждая секунда, поэтому искусственное дыхание нужно производить немедленно, по возможности тут же на месте происшествия. Производить искусственное дыхание необходимо непрерывно до положительного результата (иногда это требует нескольких часов) или до появления ясных признаков действительной смерти (трупных пятен или окоченения).

Когда пострадавший начнет дышать самостоятельно, продолжать искусственное дыхание вредно, но если дыхание вновь начнет ослабевать или прекратится, немедленно следует возобновить искусственное дыхание.

3. СПОСОБЫ ИСКУССТВЕННОГО ДЫХАНИЯ

Прежде чем приступить к проведению искусственного дыхания, необходимо быстро, не теряя времени, освободить пострадавшего от стесняющей его дыхание одежды и расстегнуть ворот. Если рот крепко стиснут, следует его осторожно раскрыть.

Первый способ (рис. 1)

Положить пострадавшего на живот головой на одну руку, лицом в сторону, подстелив что-нибудь под лицо. Другую руку вытянуть вперед. Вытянуть язык, но держать его не нужно. Встать на колени над пострадавшим (как бы верхом) лицом к его голове так, чтобы бедра пострадавшего были между коленями оказывающего помощь. Положить свои ладони на спину пострадавшего, на нижние ребра, охватив их с боков сложенными пальцами. Считая «раз, два, три», наклонять постепенно свое тело вперед так, чтобы переносить вес своего тела на вытянутые руки, и, таким образом, нажать на нижние ребра пострадавшего (выдох). Не отнимая рук от спины пострадавшего, откинуться назад (вдох). Сосчитав «четыре, пять, шесть», вновь постепенно, не спеша, переносить тяжесть своего тела на вытянутые руки, считая «раз, два, три», и т. д.

Второй способ (рис. 2)

Положить пострадавшего на спину, подложив под лопатки сверток одежды, вытянуть и удерживать язык. Встать на колени над головой пострадавшего, захватить его руки у локтя и, считая «раз, два, три», поднять руки пострадавшего и закинуть их за его голову (вдох). Сни-

тая «четыре, пять, шесть», слегка прижать руки к бокам (выдох), повторить вдох и т. д.

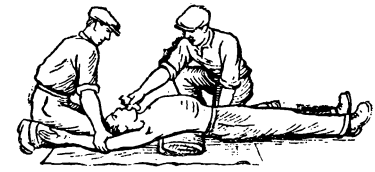
При правильно проводимом искусственном дыхании получается звук, похожий на стон, от прохождения воздуха через дыхательное

Выдох

Вдох

Рис. 1. Первый способ искусственного дыхания

Выдох



Вдох

Рис. 2. Второй способ искусственного дыхания

горло пострадавшего, когда грудная клетка сдавливается и опускается. Если звуков нет, это указывает, что язык запал и мешает прохождению воздуха. Тогда язык нужно вытянуть больше.

При переломе руки или ключицы этот способ не применяется.

При наличии двух помощников искусственное дыхание производят двое, согласованно, по счету; третий держит вытянутый язык.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ОПИСАНИЕ СХЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ БАШЕННЫМ КРАНОМ МСК-5-20
(см. приложенную схему)

Схема разработана ЦКБ Главстроймеханизации Министерства строительства РСФСР и применяется для управления краном из кабины и дистанционно с помощью кнопочной станции. Кнопочная станция находится в руках оператора и соединена с аппаратурой управления, помещенной в кабине, с помощью шланга длиной 25 *м*.

Башенный кран МСК-5-20 грузоподъемностью 5 *т* при максимальном вылете стрелы 20 *м* имеет следующие электродвигатели:

два двигателя механизма грузовой лебедки типа МТК-31-6 мощностью по 11 *квт* 920 об/мин;

один двигатель подъема и опускания стрелы типа МТК-31-6 мощностью 3,5 *квт*, 875 об/мин;

один двигатель поворота крана типа МТ-11-6 мощностью 2,2 *квт*, 885 об/мин;

два двигателя передвижения крана типа МТ-11-6 мощностью по 2,2 *квт*, 885 об/мин.

Кран рассчитан на напряжение сети 220 и 380 *в*; цепи управления работают на напряжении 220 *в*. Переключение цепей управления в зависимости от сетевого напряжения производится с помощью переключателя напряжения ПН.

Управление краном из кабины производится командоконтроллерами за исключением двигателя подъема и опускания стрелы, управляемого кнопками.

При дистанционном управлении действие схемы следующее.

Регулирование скоростей подъема и опускания груза производится включением одного или двух двигателей — встречно или согласно, приводящих в действие планетарную систему грузовой лебедки, чем достигается изменение скорости вращения барабана лебедок. Регулирование скорости поворота и передвижения крана производится включением сопротивлений в цепь роторов двигателей.

Подъем груза

При нажиме кнопки пуск (а) включается пускатель В. Включается двигатель ДПГ-1.

Нажимом кнопки (в) включается электродвигатель ДПГ-2 согласно с первым.

В результате суммирования скоростей двигателей в планетарной системе лебедки получается полная скорость подъема груза. После срабатывания аппаратов кнопка может быть отпущена.

Замедление движения груза осуществляется выключением электродвигателя ДПГ-2 посредством кнопки (б). Нажатием кнопки «стоп» подъем груза прекращается.

Спуск груза

1-я **ступень**

Нажимается кнопка (в), пускатель Н включает электродвигатель ДПГ-1 на спуск. Одновременно с электродвигателем ДПГ-1 включается контактор В-1 и своим Н. О. контактом удерживается. Включается электродвигатель ДПГ-2 встречно ДПГ-1. Сложением скоростей в планетарном редукторе достигается медленная скорость спуска.

2-я **ступень**

Увеличение скорости спуска достигается нажатием кнопки (б). При этом отключается электродвигатель ДПГ-2, а электродвигатель ДПГ-1 продолжает работать; скорость спуска груза увеличивается до половины номинальной.

3-я **ступень**

В 3-й ступени нажимается кнопка (а), включая электродвигатель ДПГ-2 в сторону спуска; суммарная скорость спуска достигает максимального значения (33 *м/мин.*)

Замедление спуска груза осуществляется сначала отключением электродвигателя ДПГ-2 с помощью кнопки (б), а затем включением его встречно ДПГ-1. Останов лебедки производится отключением обоих двигателей кнопкой «стоп».

Регулирование скорости двигателей поворота и передвижения крана производится кнопками, имеющими одну пару нормально закрытых и одну пару нормально открытых контактов. При нажатии кнопки «влево», управляющей двигателем поворота крана, размыкаются Н. З. контакты и замыкаются Н. О. контакты кнопки, включающей контактор ВП, который берется своим блок-контактом на самоблокировку и подготовляет к включению контактор IУП. При опускании кнопки ее нижние контакты размыкаются, а верхние замыкаются, включая контактор IУП по цепи: верхние контакты соседней кнопки влево — контактор IУП — перемычки между IУП—2УП — блок-контакт ВП, чем достигается отключение в роторной цепи части сопротивления и увеличивается скорость вращения двигателя. Кроме того, включается реле РП и подготовляется к включению реле 2УП. Вторичным нажатием кнопки «влево» включается реле 2УП, отключающее вторую часть сопротивления ротора, чем увеличивается скорость вращения двигателя, а также включается реле РП-1. Таким образом поочередным нажимом на кнопку «влево» достигается регулирование скорости вращения двигателя. Регулирование скорости вращения двигателя вправо производится в том же порядке, но нажимом кнопки «вправо». Аналогичным образом регулируется скорость вращения двигателей передвижения крана, для чего поочередно нажимается кнопка «вперед» или «назад».

На схеме показано включение цепей при дистанционном управлении краном с помощью кнопок. Если необходимо управление краном призводить из кабины или во время монтажа крана, кнопочная станция отключается, а пакетные переключатели П1—П6 устанавливаются в соответственное положение.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ЕДИНИЦЫ МЕР И ВЕСОВ

а) Меры длины

1 километр — 1 *км* = 1 000 *м* = 3280,8 фута = 0,621 англ. мили.
1 метр — 1 *м* = 100 *см* = 1 000 *мм* = 39,37 дюйма = 3,2808 фута.
1 сантиметр — 1 *см* = 10 *мм* = 10^4 *μ* = 10^7 *м μ*=0,3937 дюйма = 0,032808 фута.
1 миллиметр — 1 *мм* = 0,1 *см* = 0,001 *м* = 1 000 *μ* = 0,0393 дюйма = = 39,37 мила.
1 микрон — 1 *μ*=0,001 *мм* = 10^{-4} *см* = 10^{-6} *м* = $3{,}937 \cdot 10^{-5}$ дюйма.
1 фут — 1 *ft* = 12 дюймам = 304,8 *мм*.
1 дюйм — 1 *in* = 1 000 *mil* = 25,4 *мм*.
1 мил — 0,001 *in* = 25,4 *μ*.

б) Меры площади

1 гектар — 1 *га* = 100 *а* = 10^4 *м*^{2}.
1 ар — 1 *а* = 100 *м*^{2} = 1076,4 кв. фута.
1 квадратный метр (центар) — 1 *м*^{2} = 10^4 *см*^{2} = 10^6 *мм*^{2} = 10,764 кв. фута = 1 550 кв. дюйма.
1 квадратный сантиметр — 1 *см*^{2} = 100 *мм*^{2} = 0,0010764 кв. фута = = 0,1550 кв. дюйма = $1{,}9735 \cdot 10^5$ круг. милов.
1 квадратный миллиметр — 1 *мм*^{2} = 0,01 *см*^{2} = 10^{-6} *м*^{2} = 1 550 кв. милам = 1973,5 круг. мила = 0,00155 кв. дюйма.
1 квадратный фут — 1 *sq ft* = 144 кв. дюймам = 0,0929 *м*^{2} = 929 *см*^{2}.
1 квадратный ярд — 1 *sq yd*=9 кв. футам=1 296 кв. дюймам=0,83613 *м*^{2}= = 8361,3 *см*^{2}.
1 круговой дюйм (площадь круга диаметром 1 дюйм) — 1 *circ in* = = 0,7854 кв. дюйма = 5,0671 *см*^{2} = 506,71 *мм*^{2}.
1 круговой мил — 1 *circ mil* = 0,7854 кв. мила = $7{,}854 \cdot 10^{-7}$ кв. дюйма = = $5{,}0671 \cdot 10^{-6}$ *см*^{2} = $5{,}0671 \cdot 10^{-4}$ *мм*^{2}.

в) Меры объема

1 кубический метр — 1 *м*^{3} = 1 000 *дм*^{3} = 10^6 *см*^{3} = 10^9 *мм*^{3} = 999,973 *л* = = 35,314 куб. фута = $6{,}1023 \cdot 10^4$ куб. дюймов.
1 кубический дециметр — 1 *дм*^{3} = 0 001 *м*^{3} = 1 000 *см*^{3} = 999,973 *мл* = = 0 035314 куб. фута=61,023 куб. дюйма.
1 кубический сантиметр — 1 *см*^{3} = 0,001 *дм*^{3} = 1 000 *мм*^{3} = 0,061023 куб. дюйма.
1 литр — 1 *л* = 1 000 *мл*=1,000027 *дм*^{3}=1000,027 *см*^{3} = 0,035316 куб. фута.
1 миллилитр — 1 *мл* = 0,001 *л* = 1,000027 *см*^{3}.
1 кубический фут — 1 *cuft* = 1 728 куб. дюймов = 28,316 *л*.
1 американский галлон — 1 *gal* = 231 куб. дюйма = 3785,4 *см*^{3}=3,7853 *л*.
1 английский галлон = 277,3 куб. дюйма = 4546,1 *см*^{3} = 4,54596 *л*.

г) Меры веса

1 метрическая тонна — 1 *т* = 1 000 *кг* = 10^6 *г* = 1,10231 короткой тонны = 0,984206 длинной тонны.
1 килограмм — 1 *кг* = 0,001 *т* = 1 000 *г* = 2,20462 англ. фунта.
1 грамм — 1 *г* = 1 000 *мг* = 0,001 *кг* = 0,00220462 англ. фунта = 0,0035274 унции.
1 миллиграмм — 1 *мг* = 0,001 *г* = 5 метрическим каратам.
1 метрический карат — 1 *с* = 200 *мг* = 0,2 *г*.
1 английский фунт — 1 *lb* = 16 унциям = 453,5924 *г*.
1 русский фунт = 409,5 *г*.
1 германский фунт = 500 *г*.

д) Меры работы и мощности

1 джоуль — 1 *дж* = 1 *вт сек*.
1 эрг = 10^{-7} *дж* = 10^{-7} *вт сек*.
1 килограмметр — 1 *кгм* = 9,81 джоуля.
1 килограммкалория — 1 *ккал* = 4 186 джоулей = 1,1628 *вт-ч* = 1,1628 × × 10^{-3} *квт-ч*.
1 киловатт-час — 1 *квт-ч* = 860 *ккал*.
1 британская тепловая единица — 1 *BTU* = 0,252 *ккал* = 0,293 *вт-ч*.
1 английский фунто-фут = 0,138 *кгм* = 1,355 *дж*.
1 киловатт — 1 *квт* = 1,36 *л. с.* = 102 *кгм/сек*.
1 лошадиная сила (метрическая) = 0,736 *квт* = 75 *кгм/сек*.
1 лошадиная сила-час — 1 *л.с.-ч.* = 0,736 *квт-ч*.
1 лошадиная сила английская — 1 HP = 0,7458 *квт*.

е) Различные технические единицы

1 атмосфера (техническая) — 1 *ат* = 735,5 *мм* рт. ст. = 1 *кг/см*^{2}.
1 английский фунт на квадратный дюйм = 0,0703 *кг/см*^{2}.
1 английский фут в минуту (скорость) = 0,508 *см/сек*.
1 кубический фут в минуту = 0,028 *м*^{3}*/мин* = 28,3 *л/мин*.
1 английская миля в час (скорость) = 1,61 *км/час* = 0,447 *м/сек*.
1 градус шкалы Реомюра — 1° R = 1,25° C.
1 градус шкалы Фаренгейта — 1° F = 0,555° C (для перевода температуры со шкалы Фаренгейта следует учитывать, что 0° F лежит на 32° F ниже 0° C)

СПРАВОЧНИК ЭНЕРГЕТИКА
НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ

* * *

Госстройиздат
Москва, Третьяковский проезд, д. 1

* * *

Редакторы издательства *З. И. Вдовенко* и *Г. М. Широкова*
Технический редактор *Э. М. Элькина*

Сдано в набор 18/I—1960 г. Подписано к печати 28/VI—1960 г. Т 08423. Бумага 84×108¹/32 = 11,85 бум. л.—37,72 печ. л. +4 вкл. 0,7 п. л.(56,9 уч.-изд. л). Тираж 40 000 экз. Изд. №. X—4018. Зак. № 94. Цена 28 р. 45 к. Переплет 1 р. 25 к.

Типография № 1 Государственного издательства литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, г. Владимир

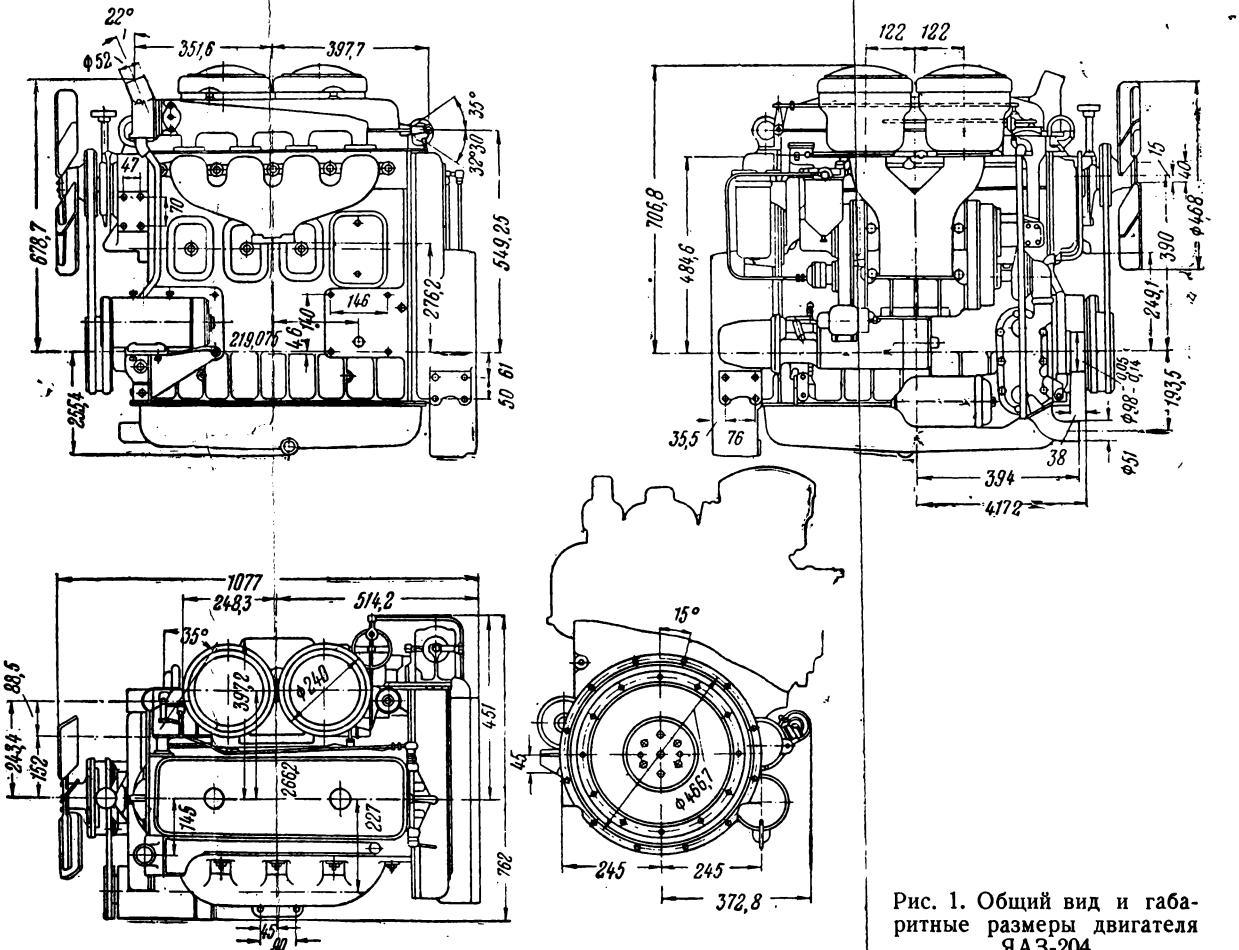


Рис. 1. Общий вид и габаритные размеры двигателя ЯАЗ-204

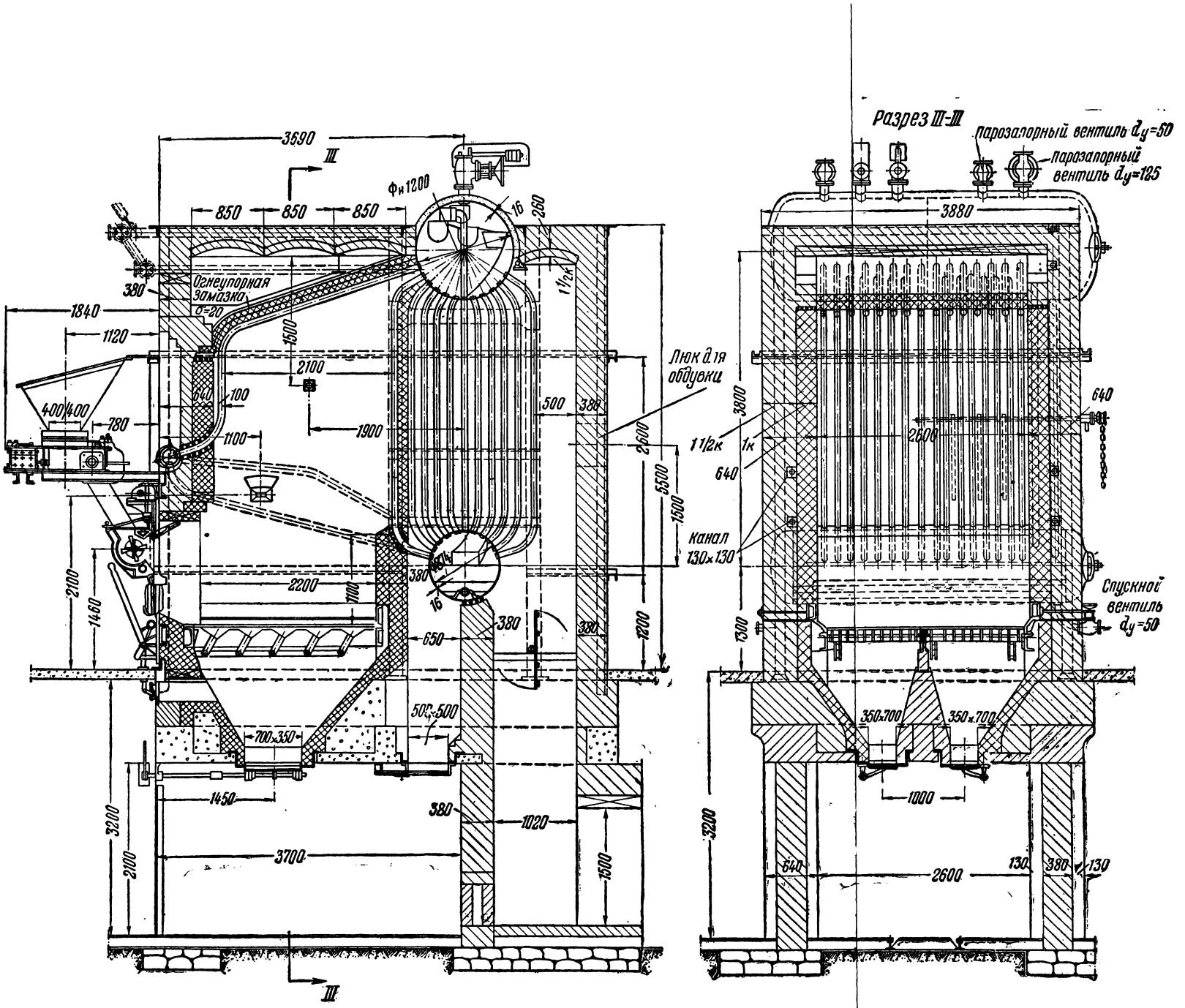


Рис. 9. Вертикально-водотрубный паровой котел ВВД-4/13 с механическим забрасывателем топлива

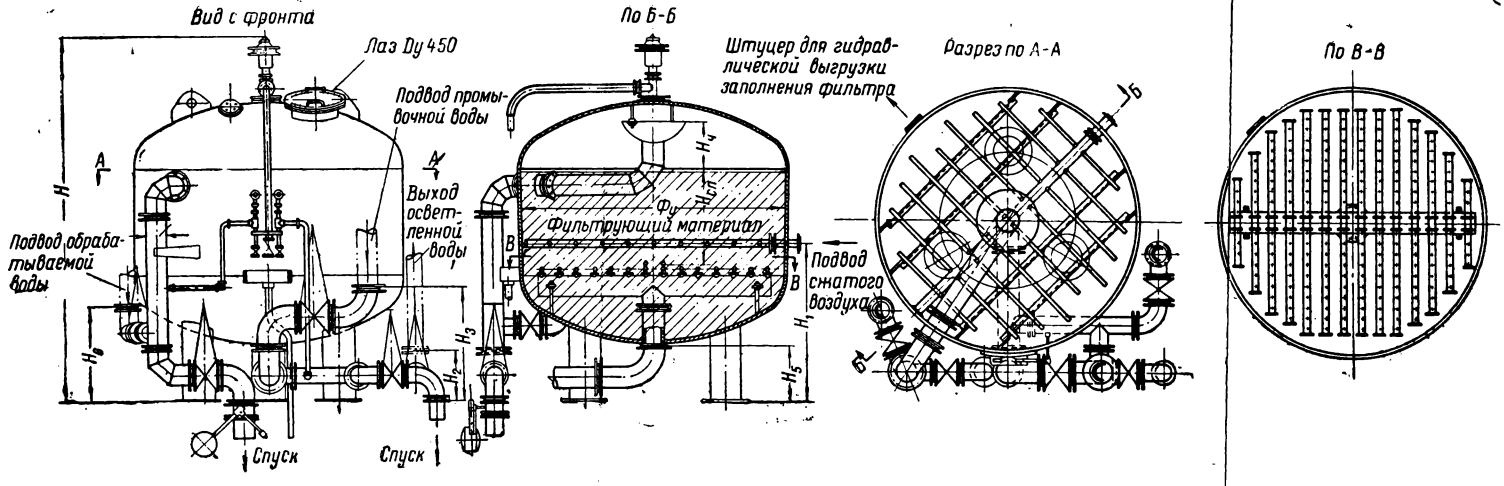
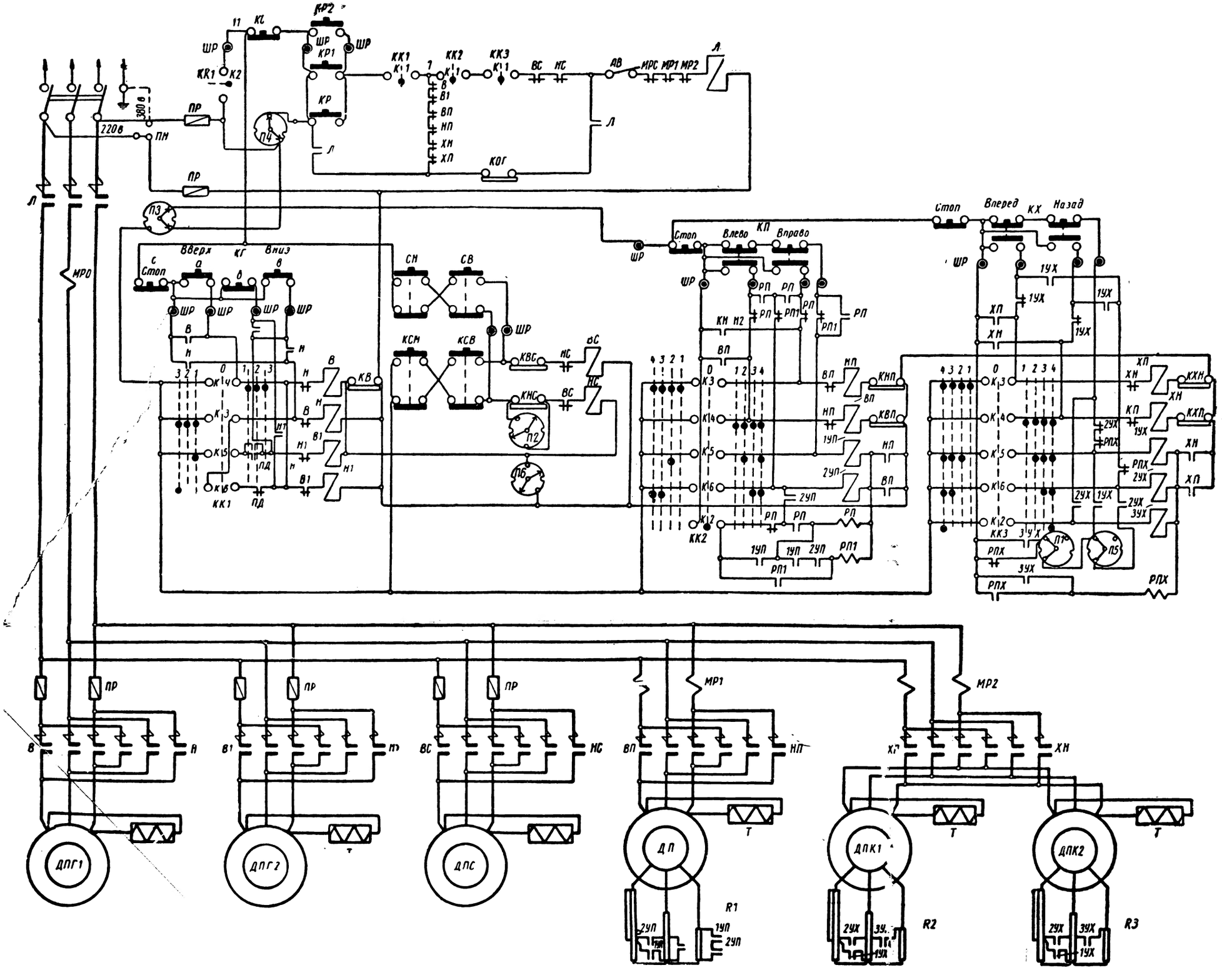


Рис. 49. Фильтры осветлительные однопоточные диаметром от 1 000 до 3 000 *мм*



• Схема дистанционного управления башенным краном МСК-5-20.

ОПЕЧАТКИ

страница	Строка	Напечатано	Следует читать
97	Табл. 11, графа 4-я слева, строка 1-я снизу	205	120,8
97	То же, графа 5 слева, строка 1-я снизу	120,8	205
360	Табл. 14, графа 1-я слева, строка 9-я сверху	14-85/11	1Ч-8,5/11
541	Строка 3-я сверху	При этом ток, возникающий	При этом допустимая величина сопротивления петли определяется тем правилом, что ток, возникающий
558	Табл. 5, графа 1-я справа, строка 5-я снизу	23	230
565	Табл. 14, правая колонка, строки 1—2-я сверху	С центральной рукояткой, без разрывных контактов и с задним присоединением, без плиты	С центральной рукояткой, без разрывных контактов с передним и с задним присоединением, без плиты
596	10-я снизу	$0,203\,P+0,0052+$ $+0,36$ *квт*	$0,203P+0,0052Q+$ $+0,36$ *квт*
626	2-я снизу	„Светлс сть“	„Светность“
662	Формула (1) в числителе	$2,3_a U_ф\, p\cdot 10^6$	$2,3\, a\, U_ф\, p\cdot 10^6$
665	Формула, 2-я сверху	$\frac{P_1}{P_2}=\frac{n_2}{n_1}$	$\frac{p_1}{p_2}=\frac{n_2}{n_1}$

ПОПРАВКА

На стр. 74 в продолжении табл. 12 цифры, помещенные в 9 графе, строки 1—9 снизу, следует читать в графе 8.

Зак. 94

29 р. 70 к.